

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO DE NADAL

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR DA SÉRIE
RB97 CICLO PRECOCE NO ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA

2009

FERNANDO DE NADAL

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR DA SÉRIE
RB97 CICLO PRECOCE NO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Bessalhoc Filho
Co-Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto de Oliveira

CURITIBA
2009

N127 Nadal, Fernando de
 Estabilidade e adaptabilidade de clones de cana-de-açúcar
 da série RB97 ciclo precoce no estado do Paraná / Fernando de
 Nadal. – Curitiba, 2009.
 61 f. : il.

Orientador: João Carlos Bessalhok Filho
Co-orientador: Ricardo Augusto de Oliveira
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal
do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Gradua-
ção em Agronomia – Produção Vegetal

1.Cana-de-açúcar – Melhoramento genético. 2. Cana-de-açúcar –
Variedades – Paraná. 3.Cana-de-açúcar – Amostragem (Estatística).
I. Bessalhok Filho, João Carlos. II. Oliveira, Ricardo Augusto de.
III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.
IV. Título

CDU 633.61:631.528.6



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pelo candidato **FERNANDO DE NADAL**, sob o título “**ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR DA SÉRIE RB97 CICLO PRECOCE NO ESTADO DO PARANÁ**”, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Curitiba, 28 de Agosto de 2009.

Professor Dr. Marcos Antonio Sanches Vieira
Primeiro Examinador

Professor Dr. Ricardo Augusto de Oliveira
Segundo Examinador

Professor Dr. João Carlos Bessalho Filho
Presidente da Banca e Orientador

*À minha família,
em especial meus pais
Raul De Nadal e
Claudia Izabel Dalcorso De Nadal*

*À minha mulher
Mayane Milinavicius*

Com todo amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pelo dom da vida e da criação, à minha família inteira pelo apoio e carinho incomensuráveis, em especial ao meu pai, Raul De Nadal, por me mostrar o belo caminho da Agronomia, e também à minha mulher, companheira e amiga, Mayane Milinavicius, por estar ao meu lado nas batalhas diárias.

Agradeço de todo meu coração, ao Dr. João Carlos Bessalho Filho pela orientação, obrigado por ter me estendido a mão e me acolhido nas horas em que mais precisei.

Ao Dr. Flávio Zanette, por todas as oportunidades cedidas e por todo conhecimento passado, os quais me fizeram crescer bastante.

Ao Dr. Ricardo A. de Oliveira, por ter me auxiliado com muita atenção, nas mais variadas dúvidas.

A todas as Unidades Produtoras e empresas envolvidas neste trabalho.

A todos os técnicos em todos os níveis do PMGCA/RIDES/UFPR que tornaram este trabalho possível.

A todos os amigos que fiz nestes dois anos e meio.

A todos aqueles que direta ou indiretamente tornaram esse trabalho possível.

Meu mais sincero, obrigado!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	3
2.2 ASPECTOS BOTÂNICOS	4
2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR	6
2.4 A CANA-DE-AÇÚCAR NO PARANÁ	6
2.5 PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR	7
2.6 PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA UFPR – RIDESA	8
2.6.1 FASES DO PMGCA-UFPR	8
2.6.1.1 Hibridação	8
2.6.1.2 Fase T1	9
2.6.1.3 Fase T2	10
2.6.1.4 Fase T3	10
2.6.1.5 Fase de experimentação (FE)	11
2.7 INTERAÇÃO GENÓTIPO x AMBIENTE	11
2.8 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE	13
2.9 EBERHART & RUSSELL	15
2.10 FERRAMENTAS PARA A ANÁLISE DA INTERAÇÃO G x A	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS	17
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS CLONES SÉRIE RB97 PRECOCE	17
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	18
3.4 ANÁLISE CONJUNTA	19
3.5 ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PELO MÉTODO EBERHART & RUSSELL (1966)	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 ANÁLISES DE VARIÂNCIA INDIVIDUAIS	21
4.2 ANÁLISE CONJUNTA PARA VARIÁVEL TCH	22
4.3 ANÁLISE CONJUNTA PARA VARIÁVEL TPH	24
4.4 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE PELO MÉTODO EBERHART & RUSSELL (1966)	25
4.4.1 Índices ambientais – variável TCH	25
4.4.2 Índices ambientais – variável TPH	26
4.5 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE – VARIÁVEL TCH	27
4.6 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE – VARIÁVEL TPH	28
4.7 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DE ESTABILIDADE – VARIÁVEL TCH	29
4.8 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DE ESTABILIDADE – VARIÁVEL TPH	30
4.9 CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR – EBERHART & RUSSELL – VARIÁVEL TCH	31
4.9.1 Genótipo 1 – cultivar R855453 – padrão	31
4.9.2 Genótipo 2 – RB975932	34
4.9.3 Genótipo 3 – RB975934	34

4.9.4	Genótipo 4 – RB975935	34
4.9.5	Genótipo 5 – RB975841	35
4.9.6	Genótipo 6 – RB975943	35
4.9.7	Genótipo 7 – RB975944	36
4.9.8	Genótipo 8 – RB975948	36
4.9.9	Genótipo 9 – RB975949	36
4.9.10	Genótipo 10 – RB975952	37
4.9.11	Genótipo 11 – RB975955	37
4.9.12	Genótipo 12 – RB976933	38
4.9.13	Genótipo 13 – RB976934	38
4.9.14	Genótipo 14 – RB976935	38
4.9.15	Genótipo 15 – RB998048	39
4.9.16	Genótipo 16 – RB008034	39
4.10	CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR – EBERHART & RUSSELL – VARIÁVEL TPH	40
4.10.1	Genótipo 1 – cultivar R855453 – padrão	40
4.10.2	Genótipo 2 – RB975932	40
4.10.3	Genótipo 3 – RB975934	43
4.10.4	Genótipo 4 – RB975935	43
4.10.5	Genótipo 5 – RB975841	43
4.10.6	Genótipo 6 – RB975943	44
4.10.7	Genótipo 7 – RB975944	44
4.10.8	Genótipo 8 – RB975948	45
4.10.9	Genótipo 9 – RB975949	45
4.10.10	Genótipo 10 – RB975952	45
4.10.11	Genótipo 11 – RB975955	46
4.10.12	Genótipo 12 – RB976933	46
4.10.13	Genótipo 13 – RB976934	46
4.10.14	Genótipo 14 – RB976935	47
4.10.15	Genótipo 15 – RB998048	47
4.10.16	Genótipo 16 – RB008034	47
4.11	GRÁFICOS BILOT – ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE X RENDIMENTO ...	48
4.11.1	BILOT – COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO X TCH	49
4.11.2	BILOT – COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO X TPH	50
4.11.3	BILOT – PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE X TCH	51
4.11.4	BILOT – PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE X TPH	52
5	CONCLUSÕES	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7	REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – LOCALIZAÇÃO, TEXTURA DE SOLO, ALTITUDE, LATITUDE E LONGITUDE DOS LOCAIS ONDE FORAM CONDUZIDOS OS EXPERIMENTOS DA SÉRIE RB97, CICLO DE MATURAÇÃO PRECOCE. ESTADO DO PARANÁ, 2009	17
TABELA 2 – RELAÇÃO DOS CLONES DA SÉRIE RB97 PRECOCE E RESPECTIVOS GENITORES (FEMININO X MASCULINO)	18
TABELA 3 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, HERDABILIDADE E TESTE F DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA UM DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH. PARANÁ, 2009	21
TABELA 4 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, HERDABILIDADE E TESTE F DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA UM DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ, 2009	22
TABELA 5 – FONTE DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE, SOMA DOS QUADRADOS, QUADRADOS MÉDIOS E VALORES DE F DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH. PARANÁ, 2009	23
TABELA 6 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ, 2009	23
TABELA 7 – FONTE DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE, SOMA DOS QUADRADOS, QUADRADOS MÉDIOS E VALORES DE F DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARÁVEL TPH. PARANÁ, 2009	24
TABELA 8 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ, 2009	24
TABELA 9 – MÉDIAS E ÍNDICES AMBIENTAIS DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH, EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ, 2009	26
TABELA 10 – MÉDIAS E ÍNDICES AMBIENTAIS DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH, EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ, 2009	26

TABELA 11 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B_1), TESTE T PARA $B_1=1$, E PROBABILIDADE. VARIÁVEL TCH, EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ, 2009	27
TABELA 12 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B_1), TESTE T PARA $B_1=1$, E PROBABILIDADE. VARIÁVEL TPH, EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ, 2009	28
TABELA 13 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ESTABILIDADE (S^2_d), PROBABILIDADE E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2), EBERHART & RUSSELL (1966). VARIÁVEL TCH. PARANÁ, 2009	29
TABELA 14 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ESTABILIDADE (S^2_d), PROBABILIDADE E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2), EBERHART & RUSSELL (1966). VARIÁVEL TPH. PARANÁ, 2009	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TCH. GENÓTIPOS DE 1 A 8, SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	32
FIGURA 2 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TCH. GENÓTIPOS DE 9 A 16, SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	33
FIGURA 3 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TPH. GENÓTIPOS DE 1 A 8, SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	41
FIGURA 4 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TPH. GENÓTIPOS DE 9 A 16, SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	42
FIGURA 5 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH) X COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) POR EBERHART & RUSSELL (1966), SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	49
FIGURA 6 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE POL POR HECTARE (TPH) X COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) POR EBERHART & RUSSELL (1966), SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	50
FIGURA 7 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH) X PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B1) POR EBERHART & RUSSELL (1966), SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	52
FIGURA 8 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE POL POR HECTARE (TPH) X PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B1) POR EBERHART & RUSSELL (1966) SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ, 2009	53

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – TESTE DE MÉDIAS SCOTT & KNOTT PARA TODOS OS GENÓTIPOS EM CADA AMBIENTE PARA AS DUAS VARIÁVEIS (TPH E TCH). PARANÁ 2009	60
ANEXO 2 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS (QMR) E QUADRADOS MÉDIOS DOS BLOCOS (QMB) DA ANÁLISE CONJUNTA PARA TCH E TPH, UTILIZADOS NA ANÁLISE DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE POR EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ, 2009	61

RESUMO

A caracterização e indicação correta de novas cultivares, passa pela experimentação de suas performances produtivas, frente às mais diversas condições ambientais e de cultivo encontradas na região em que se pretende recomendá-las. É preciso conhecer quais possíveis novas cultivares adaptam-se melhor à ambientes favoráveis ou desfavoráveis (adaptabilidade), e a previsibilidade de comportamento destes genótipos (estabilidade). O objetivo do trabalho foi avaliar a estabilidade e a adaptabilidade de 15 clones de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) da série precoce RB97. O modelo estatístico utilizado para avaliar a estabilidade e adaptabilidade foi o proposto por Eberhart & Russell (1966). O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, em 6 municípios, com 3 repetições, 15 tratamentos (genótipos) e 2 variáveis: TCH (tonelada de cana por hectare) e TPH (tonelada de POL por hectare). A cultivar comercial RB855453 amplamente difundida no Estado do Paraná, serviu como padrão de comparação. Cada repetição foi formada por 4 sulcos de 8 metros, espaçados 1,4 metros. As análises de variância revelaram um coeficiente de variação médio (10,1% para TPH e 8,4% para TCH) e uma herdabilidade alta (77%) para ambas as variáveis. A Análise Conjunta entre os ambientes foi feita como um fatorial simples, e a razão entre o maior e o menor QMR para a variável TCH ficou em 6, e em 8 para variável TPH. A análise da estabilidade e adaptabilidade por Eberhart & Russell mostrou que: em relação à TCH: o clone RB975944 é indicado para ambientes favoráveis, por apresentar alta adaptabilidade a estes ambientes, e também elevada produtividade; o clone RB975949 pode ser considerado como o genótipo ideal, por apresentar elevada produtividade e estabilidade, bem como adaptabilidade ampla; e os genótipos RB975955 e RB998048 apresentaram adaptabilidade ampla e elevada produtividade média, superando o padrão. Em relação à variável TPH: os clones RB975944 e RB975952 são indicados para ambientes favoráveis, por apresentarem alta adaptabilidade a estes ambientes, e também superarem nestes, o padrão; o clone RB975943 é indicado para ambientes desfavoráveis, apresentando alta adaptabilidade a estes ambientes, e produção superior ao padrão.

Palavras-chaves: Eberhart & Russel, Interação G x A, *Saccharum spp.*, regressão linear simples.

ABSTRACT

For the accurate characterization and indication of new cultivars, involves the assessment of their productive performances, on the most diverse environments. It is necessary to know which potential new cultivars are better adapted to favorable or unfavorable environments (adaptability), and the predictability of behavior of these genotypes (stability). The objective of this work was to evaluate the stability and adaptability of 15 clones of sugar cane (*Saccharum* spp.) of the RB97 precocious series. The statistical model used to evaluate the stability and adaptability parameters, was the one proposed by Eberhart & Russel (1966). The experimental design was random blocks, in 6 environments (4 clay soil and 2 sandy soil) with 3 replications, 15 treatments (genotypes) and 2 variables: TPH and TCH. The commercial cultivar RB855453 widespread in Paraná State, it was used as a benchmark. Each replicate was formed by 4 lines of 8 meters, spaced 1.4 meters. The analysis of variance revealed an average coefficient of variation (10.1% for TPH and 8.4% for TCH) and a high heritability (77%) for both variables. The joint analysis of the environments was done as a simple factor, and the ratio between the highest and the lowest QMR for the variable TCH was 6, and was 8 for variable TPH. Analysis of adaptability and stability for the model proposed by Eberhart & Russel showed that on TCH: the RB975944 clone is indicated for favorable environments, because of the high adaptability of these environments, and high productivity; the clone RB975949 can be considered the ideal genotype because of its high productive average and stability, and wide adaptability; and the genotypes RB998048 and RB975955 presented wide adaptability and high average, exceeding the benchmark. Regarding the variable TPH: the RB975944 and RB975952 clones are indicated for favorable environments, overcoming the benchmark on these environments; the clone RB975943 is given to unfavorable environments, with high adaptability to these environments, and production above the standard.

Key-words: Eberhart & Russell, Interaction $G \times A$, *Saccharum* spp., Simple linear regression.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das mais importantes e antigas culturas agrícolas de todo o mundo. Graças ao seu potencial altíssimo de conversão de energia solar em energia química, é um dos provedores mais importantes de energia, tanto para o ser humano na forma de açúcar, quanto para veículos na forma de biocombustível.

A crescente e moderna preocupação com a poluição do ar e com as consequências do efeito estufa gerado pela queima dos combustíveis fósseis está trazendo à tona novamente a cultura da cana-de-açúcar no cenário econômico mundial. O etanol, biocombustível ecológico e renovável produzido a partir da cana-de-açúcar tem dado mostras consistentes de ser uma alternativa viável aos combustíveis de origem fóssil. Os altos índices de produtividade desta cultura podem garantir o suprimento à grande demanda mundial por combustível.

Atualmente, no mundo, a cana-de-açúcar é utilizada para produzir o açúcar como produto principal. Somente o Brasil faz uso de mais de 50% da cana-de-açúcar na produção do etanol, convertendo-o no maior produtor de etanol a partir desta matéria-prima. A rápida expansão da demanda de etanol combustível deverá aumentar ainda mais no futuro, em razão das perspectivas do emergente mercado internacional de biocombustíveis (AYARZA, 2007).

Essa demanda mundial em expansão por etanol leva os produtores à busca por maiores produções. A substituição de cultivares por outras mais produtivas é um dos caminhos que levam ao aumento da produção, sem um custo financeiro e ambiental alto. É nesse sentido que o Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar trabalha, na constante pesquisa e criação de novas variedades, nas recomendações de variedades com adaptação para áreas específicas, variedades com boa estabilidade de produção, sempre visando o aumento da produção por área.

Como as lavouras de cana-de-açúcar englobam um amplo espectro de tipos de solo, clima e técnicas de cultivo, é esperado que as diferentes variedades tenham comportamentos diferenciados quanto à sua performance produtiva, de região para região. A esse fenômeno dá-se o nome de interação genótipo x ambiente, onde o fenótipo de uma planta é o resultado do componente genotípico (ou genoma da planta), mais o componente do estímulo ambiental (solo, disponibilidade de água e nutrientes, fotoperíodo, etc.), mais o componente interação genótipo x ambiente (como o ambiente afeta a expressão gênica).

Isso demanda para os melhoristas, antes da liberação de novas cultivares, o

estudo do comportamento produtivo dessas cultivares, frente às diversas condições de cultivo encontradas na região onde se pretende recomendá-las. Para tanto, lança-se mão do estudo da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos, em ambientes contrastantes, podendo assim inferir quanto ao comportamento esperado das novas cultivares em questão.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a estabilidade e adaptabilidade de clones da série RB97 de ciclo de maturação precoce, do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Federal do Paraná, em fase de experimentação, para que se tornem possíveis as recomendações para seu cultivo no Estado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A maior parte da cana-de-açúcar cultivada na atualidade foi originada a partir de um cruzamento interespecífico entre duas espécies do gênero *Saccharum*: a *spontaneum*, rústica, vigorosa e adaptável, com alta capacidade de rebrote, perfilhamento e resistência a doenças, grande produção de fibra, mas com pequena produção de açúcar; com a *officinarum*, não tão rústica e adaptável, mas com uma grande produção de açúcar (MATSUOKA et al., 2005; CESNIK & MIOCQUE, 2004).

A domesticação da cana-de-açúcar remonta a épocas pré-históricas (antes de 2.500 a.C.), provavelmente feita por nativos da região da Indonésia e Nova Guiné. Seu uso era tanto para construção de cercados quanto para a apreciação do seu caldo açucarado. Entre 1.500 a.C. e 1.000 a.C., essa cultura foi disseminada através das migrações daqueles povos, para as ilhas do Pacífico Sul, Índia, China, e vizinhanças. A manufatura do açúcar deve ter começado na Pérsia, por volta de 500 d.C., de onde posteriormente se disseminou para o norte da África (600 a 800 d.C.) e de lá para a Espanha, levada pelos conquistadores árabes. Na época das grandes navegações, a cultura foi conduzida para a costa africana do Atlântico. Em 1493, foi levada pela expedição chefiada por Cristóvão Colombo até as Américas (MATSUOKA et al., 2005).

No Brasil, a cana-de-açúcar chegou por volta do ano 1533, trazida por Martim Afonso de Souza por ordem de D. João III, para a Capitania de São Vicente, onde surgiram os primeiros canteiros de cana-de-açúcar e o primeiro engenho de açúcar, chamado de São Jorge dos Erasmos. Dois anos depois, surgia o segundo engenho, de nome Nossa Senhora da Ajuda, na Capitania de Pernambuco. A partir destas duas Capitanias, o cultivo se expandiu para as Capitanias da Bahia, Espírito Santo, Sergipe, Alagoas e Rio de Janeiro (FERNANDES, 1984).

No século XVII a indústria do açúcar estava em grande expansão, principalmente no Nordeste brasileiro, devido ao clima e solo, bem como a proximidade com a Europa. O século XVIII foi marcado por um declínio na produção de açúcar devido a concorrência do açúcar produzido no Suriname e nas Antilhas, além das atenções mais voltadas à procura do ouro no Brasil. Já no século XIX e XX a agroindústria teve altos e baixos, devido a inúmeros problemas e concorrência de outras culturas ou mercados. A partir da segunda metade do século XX, o Brasil se mostrava vulnerável e muito dependente no campo energético, devido à instabilidade do preço do petróleo. A cana-de-açúcar, que já havia

contribuído enormemente com a construção da nação brasileira, novamente mostrou-se fator decisivo na independência, agora energética, do Brasil, através da produção de combustível (FERNANDES, 1984). No Paraná, o cultivo da cana-de-açúcar iniciou-se no ano de 1878, com a implantação do Engenho Central de Morretes (PMGCA/UFPR/RIDESA, 2008).

2.2 ASPECTOS BOTÂNICOS

A cana-de-açúcar é uma planta alógama, da família *Poaceae*, tribo Andropogoneae, gênero *Saccharum*. Os gêneros *Saccharum*, *Erianthus* sect. *Ripidium*, *Sclarostachya* e *Narenga*, formam um grupo de intercruzamentos muito próximos, denominado “Complexo *Saccharum*”, envolvido na origem da cana-de-açúcar. Alguns autores incluem nesse complexo, os gêneros *Miscanthus* sect. *Diandra* Keng, pois segundo eles, sem esse gênero não seria possível a junção de todas as características botânicas que permitiriam o surgimento de *Saccharum* (MATSUOKA et al., 2005).

Ainda segundo a classificação feita por Matsuoka et al. (2005), dentro do gênero *Saccharum* ocorrem cinco espécies, a saber:

- 1) *S. officinarum* L: ($2n = 80$) É conhecida como “cana nobre” devido principalmente ao seu alto teor de sacarose, mas também à sua ótima aparência, às cores brilhantes e aos colmos grossos e suculentos, com alto teor de sacarose e boas características gerais para a industrialização. O seu centro de origem não é conhecido em exatidão, mas seu centro de diversidade é a Nova Guiné. Admite-se que tenha surgido a partir do cruzamento interespecífico de *S. spontaneum*, *Miscanthus* e *Erianthus arundinaceus*, passando por *S. robustum*;
- 2) *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl: ($2n = 60 - 205$) Supõe-se que esta espécie se originou da introgressão de *S. spontaneum* com outros gêneros na região de Nova Guiné. Admite-se que foi a partir desta espécie que evoluiu a *S. officinarum*, por meio de seleções humanas, por tipos macios e ricos em líquido açucarado. Não apresenta rizomas e é de interesse no melhoramento pelo vigor de seus colmos e pelo alto teor de fibra;
- 3) *S. sinense* Roxb. e *S. barberi* Jesw. : ($2n = 11 - 120$) Não há definição segura sobre sua origem. Eram espécies cultivadas pelos nativos da China

e do norte da Índia, desde épocas pré-históricas. *S. sinense* provavelmente surgiu da introgressão de *S. officinarum* com *Miscanthus*, ou com *S. spontaneum*, na China, após a introdução da primeira em épocas pré-históricas. Já a *S. Barberi* pode ter surgido de forma independente no noroeste da Índia, ou da introgressão de *S. officinarum* com *Erianthus* sect. *Ripidium*. Apresentam colmos finos a médios e não são de interesse para o melhoramento atual, principalmente devido à sua dificuldade de florescimento e à sua esterilidade.

- 4) *S. spontaneum* L.: ($2n = 40 - 128$) Espécie altamente polimórfica, que cresce no trópico e no subtropico, de 8° S a 40° N, desde o Japão e Indonésia/Nova Guiné até o Mediterrâneo e África, passando pelo subcontinente da Índia. Suas plantas variam desde plantas pequenas, tipo “capim”, sem colmos, a clones com colmos com mais de 5 m de altura, e diâmetro variando de 3 a 15 mm. As folhas caracterizam-se por quase ausência de limbo, restrita apenas à nervura central, ou limbos de até 4 cm de largura. Apresenta alta adaptabilidade, podendo ser encontrada em desertos, em baixadas encharcadas e até áreas salinas próximas ao mar, desde o nível do mar até as montanhas do Himalaia. É provável produto da introgressão entre membros ou protótipos do complexo *Saccharum*. É a espécie que, modernamente, tem dado maior contribuição ao melhoramento, com suas características de vigor, dureza, perfilhamento, capacidade de rebrote de soqueira, resistência a estresses, doenças e pragas;
- 5) *S. edule* Hassk: ($2n = 60 - 80$) Considerada um produto da introgressão de *S. officinarum* ou *S. robustum* com outro gênero, sendo uma série poliplóide, com formas aneuplóides. Por possuir uma inflorescência compacta e comestível, é uma olerícola tradicional dos melanésios, cultivada de Nova Guiné às Ilhas Fiji.

A cana-de-açúcar é uma planta C₄, ou seja, o primeiro produto da fotossíntese possui 4 carbonos (ácido oxaloacético). Duas enzimas participam da fixação de carbono: a Rubisco e a PEPcase. O trabalho conjunto entre essas duas enzimas, o fato de armazenar CO₂ na forma de ácido carboxílico (COOH) e a alta afinidade da enzima PEPcase por CO₂ faz da cana-de-açúcar uma planta com alta eficiência na fixação de carbono e armazenamento da energia solar na forma de energia química. Plantas C₄

apresentam sua melhor performance de produção de fotoassimilados quando submetidas a temperaturas elevadas, entre 30 e 40°C (TAIZ & ZEIGER, 2004).

2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A safra de cana-de-açúcar no Brasil, no ano agrícola 2008/2009 atingiu um total de 629 milhões de toneladas, um crescimento de 10% em relação ao ano anterior. A produtividade média brasileira ficou em 81 t.ha⁻¹, e a área cultivada total ultrapassou os 7.700.000 hectares (CONAB, 2009). O estado de São Paulo é o maior produtor nacional (296,31 milhões de toneladas), seguido do Paraná (40,37), Minas Gerais (35,72), Alagoas (29,44) e Goiás (21,08) (PMGCA/UFPR/RIDES, 2009).

Deste total de cana produzida no Brasil, cerca de 42% foi destinada à produção de açúcar e 58% para a produção de etanol. A produção de etanol (24,3 bilhões de litros) apresentou um aumento de 19% em relação à safra passada. Dessa produção foram destinados cerca de 3,9 bilhões de litros para a exportação aos Estados Unidos e Europa. Já a produção de açúcar atingiu a marca dos 28,6 milhões de toneladas, com crescimento de 9% (CONAB, 2009).

Segundo estudo realizado por Oliveira (2009) com dados do IBGE da série 1992-2007, a partir de 2001 um novo ciclo de expansão da cultura da cana-de-açúcar começou, o que redundou num crescimento do nível de empregos ligados diretamente à cultura. Em 2007, estima-se que no Brasil mais de 500 mil trabalhadores foram empregados formalmente pela atividade. Ainda segundo Oliveira (2009), apesar da expansão da mecanização dos canaviais, principalmente no estado de São Paulo, o aumento da produção pode compensar os efeitos da modernização, aumentando o número de pessoas ocupadas.

2.4 A CANA-DE-AÇÚCAR NO PARANÁ

O cultivo da cana-de-açúcar no Paraná está localizado entre os paralelos 22° 30' e 24° 00' 5" S, sendo o clima predominante desta região do tipo Cfa, que tem como características ser mesotérmico, úmido, sem estação de seca definida, com temperatura média nos meses mais quentes de 24°C, precipitação média anual entre 1400 e 1600mm, com umidade relativa média anual de 75%, temperatura média no mês mais frio (julho) de

16°C e com geadas frequentes, de até 5 por ano (PMGCA/UFPR/RIDESA, 2008).

Segundo Censo Varietal de 2008, no Paraná as variedades RB representam aproximadamente 74% do total das variedades cultivadas (PMGCA/UFPR/RIDESA, 2008).

No Paraná, variedades que combinem elevado potencial de produtividade em açúcar e ciclo de maturação precoce, ou seja, variedades que começam a armazenar açúcar mais cedo estão sendo buscadas pelos programas de melhoramento. Essa característica fisiológica de precocidade pode levar tanto à antecipação da colheita quanto ao prolongamento do período de safra (OLIVEIRA, 2007).

Em relação à área plantada no Paraná, segundo dados da CONAB (2009) no ano de 2009 um total de 666.252 hectares foram destinados à cultura da cana-de-açúcar. Esse número representa um crescimento de cerca de 9% em relação ao ano anterior.

2.5 PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

O que define o esquema de um programa de melhoramento genético é o sistema reprodutivo da espécie em questão, se é autógamo, favorecendo a homozigose na população, ou se é alógamo, favorecendo a heterozigose. A cana-de-açúcar tem reprodução alógama e as variedades constituem-se de híbridos intervartais. Como a reprodução comercial é feita assexuadamente (clonagem), diferentes métodos de melhoramento não tradicionais tornam-se possíveis. Um dos métodos de melhoramento de cana-de-açúcar mais utilizados hoje em dia baseia-se em policruzamentos ou *melting pot*, onde a polinização ocorre de maneira controlada, porém randomicamente entre os participantes. Nestes métodos conhece-se o progenitor feminino, pois é de onde colhe-se a semente, porém progenitor masculino pode ser qualquer um dos demais. Por ser uma planta alógama, os métodos de melhoramento baseados em consangüinidade e autofecundação não são muito recomendados, apesar de existirem cultivares comerciais obtidas por esses métodos (CESNIK & MIOCQUE, 2004).

No Brasil, um dos primeiros programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar foi o do Instituto Agrônomo de Campinas, tendo início no ano de 1892. Outro programa, um dos mais importantes do século XX no Brasil, foi o programa realizado na Estação Experimental de Campos a partir de 1913. Deste programa resultaram as cultivares CB (CESNIK & MIOCQUE, 2004).

Atualmente os principais programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar

(PMGCA) no Brasil a lançarem periodicamente novas cultivares pertencem às seguintes instituições: Instituto Agrônomo de Campinas, com as variedades IAC; RIDESA (Rede Interinstitucional para o Desenvolvimento do Setor Sucro-Alcooleiro), com as variedades RB; COPERSUCAR; o Centro de Tecnologia Canavieira, com as variedades CTC; e a recente Canavialis, da multinacional Monsanto, com as futuras variedades CV (BARBOSA & SILVEIRA, 2010; PEDROZO, 2006).

Com a extinção do programa PLANALSUCAR em 1990 criou-se a RIDESA a partir de seus desmembramentos. Tanto as estruturas físicas quanto os recursos humanos foram então administrados por Universidades Federais. As pesquisas realizadas pela RIDESA têm financiamento de parceria público-privada (PMGCA/UFPR/RIDESA, 2008).

2.6 PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA UFPR – RIDESA

A partir de 1991 a UFPR passou a integrar a RIDESA, e desde então está imbuída na tarefa de criar novas cultivares RB de cana-de-açúcar para o estado do Paraná, as quais representam cerca de 74% do total das cultivares plantadas no estado (PMGCA/UFPR/RIDESA, 2008).

O Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) para o Estado do Paraná, da UFPR, em conjunto com as Universidades Federais que fazem parte da RIDESA, tem identificado clones e liberado cultivares com alto potencial de produção para o Estado do Paraná e para o Brasil, todos esses genótipos levando a sigla RB (República Federativa do Brasil), (DAROS & ZAMBON, 1998).

2.6.1 Fases do PMGCA-UFPR

A seguir são compiladas as informações referentes às fases do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar realizado pela UFPR:

2.6.1.1 Hibridação

Fase onde se cria a variabilidade genética, por reprodução sexuada (hibridação) entre duas ou mais variedades. As hibridações são feitas na Estação de Cruzamento e

Florescimento Serra do Ouro, situada no município de Murici, Alagoas. A estação fica perto do paralelo 10º, onde o fotoperíodo é o ideal para que ocorra o florescimento natural da cana-de-açúcar (PMGCA/RIDESA/UFPR, 2008).

O cruzamento é escolhido através do estudo da divergência genética das variedades. São selecionados os parentais mais divergentes geneticamente, para que a progênie apresente alta heterozigose e variabilidade genética, aumentando a probabilidade de identificar indivíduos superiores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Cada cruzamento gerará uma família.

Do cruzamento obtêm-se as sementes, as quais são enviadas via correio à instituição de pesquisa que solicitou a hibridação. As sementes são germinadas de maneira controlada e depois aclimatadas para serem levadas a campo. Cada plântula constitui um genótipo único (PMGCA/RIDESA/UFPR, 2008).

2.6.1.2 Fase T1

Essa fase corresponde à primeira fase de seleção. As sementes oriundas do cruzamento controlado são germinadas e aclimatadas, e posteriormente plantadas a campo para a primeira avaliação e seleção. O número de plântulas plantados na fase T1, e que serão selecionadas no ano de 2009, ultrapassa 1.100.000 genótipos (PMGCA/RIDESA/UFPR, 2009).

A seleção é feita em cana-soca, ou seja, após o primeiro corte, para avaliar a capacidade de rebrote da variedade, que deve ser alto. Nesta fase compara-se os novos genótipos com variedades padrões: RB855156 e RB855453 para seleção precoce, e RB72454 e RB867515 para seleção tardia (PMGCA/RIDESA/UFPR, 2009).

Os caracteres avaliados para seleção devem possuir alta herdabilidade e serem correlacionados com produção. Ausência de doenças, teor de Brix, capacidade de rebrota de clone, robustez e vigor, são alguns caracteres avaliados nessa fase. Por não haver repetições nessa fase, é dada atenção especial na hora do plantio para não se perder nenhuma plântula, pois cada uma representa um genótipo único. Como facilitador na hora da seleção, devido ao alto número de clones a serem avaliados, têm-se optado pela seleção de famílias superiores. Apenas cerca de 1% dos clones em T1 são selecionados para a próxima fase (PMGCA/RIDESA/UFPR, 2008).

2.6.1.3 Fase T2

A Fase T2 corresponde ao segundo ciclo de seleção. Em 2008 o número de clones avaliados em T2 ultrapassou os 2.000 clones para seleção tardia e chegou a 1.708 clones para seleção precoce (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

Os clones são plantados conforme delineamento experimental Blocos Aumentados ou Blocos de Federer, devido ao baixo número de material vegetal para haver repetições. Cada bloco é constituído de 18 clones e dois tratamentos comuns. A seleção nessa fase é feita com base nas características quantitativas de produção, como: kg de brix por parcela, massa de 10 colmos, número de colmo por metro. Realiza-se também a seleção para resistência ou tolerância às principais doenças da cana-de-açúcar. Para a análise dos dados, adota-se a metodologia dos modelos lineares mistos (Reml/Blup) (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

Depois de selecionados os genótipos superiores nessa fase, os clones vão para uma fase intermediária de multiplicação, onde o material é replicado para ser distribuído às subestações.

2.6.1.4 Fase T3

Colmos de cana-soca selecionados em T2 são avaliados conjuntamente em 8 ambientes (Alto Alegre, Santa Terezinha-Iguatemi, Nova Produtiva, Goioerê, Sabaralcool-filial, Ivaicana, e Estações Experimentais de Paranavaí e Bandeirantes). O delineamento experimental também é o Blocos Aumentados. Cada material (genótipo) é plantado em duas linhas de 5 metros, com espaçamento de 1,4 metros, intercalados pelos padrões, com duas repetições (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

No ano de 2009 o número de clones nesta fase corresponde a 1747, sendo 631 de ciclo precoce e 1.116 clones de ciclo tardio (PMGCA/RIDES/UFPR, 2009).

A seleção é feita no final do ciclo de cana-soca, observando a produção nos vários ambientes testados, juntamente com características agrônomicas e o comportamento em relação às doenças da cana-de-açúcar. Nesta fase são testados separadamente os clones precoces e tardios. Após a seleção, nova fase intermediária de multiplicação é realizada nos mesmos locais em que foram conduzidos a fase T3, com a finalidade de preparar a quantidade suficiente de colmos de cada clone promissor para ser instalada a próxima fase (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

2.6.1.5 Fase de Experimentação (FE)

Nesta fase os clones candidatos a seleção são testados em vários locais, com dados analisados de três ciclos (cana-planta, soca e ressoca). O delineamento experimental é o blocos ao acaso, com três ou quatro repetições, e dois padrões por bloco. As variáveis avaliadas são: NCM (Número de colmos por metro), M1C (Massa de um colmo), Fibra (Teor de fibra em %), Pol (Teor de pol em cana), TCH (Tonelada de colmos por hectare) e TPH (Tonelada de pol por hectare) (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

Nesta fase é feita a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, através do estudo da interação entre genótipo e ambiente, para que os clones selecionados tenham uma correta recomendação para os diferentes ambientes de produção de cana-de-açúcar no estado do Paraná. Cerca de 30 clones compõem esta fase e após se conhecer os genótipos superiores, estáveis e adaptados, é realizada uma fase de validação, para demonstração e publicidade (PMGCA/RIDES/UFPR, 2008).

2.7 A INTERAÇÃO GENÓTIPO x AMBIENTE

Quando o comportamento relativo dos genótipos é inconstante de um ambiente para o outro existe uma evidência da ocorrência de uma interação entre o genótipo e o ambiente, ou seja, parte do fenótipo é devido ao genoma e parte é devido à influência do ambiente (MONTALVÁN & MONTAÑO-VELASCO, 1999).

O ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento da planta que não tem origem genética, por exemplo: as condições edafoclimáticas, as práticas culturais, a ocorrência de patógenos e outras variáveis (BORÉM, 1998). Em outras palavras, ambiente é tudo o que modifica a expressão gênica, de maneira extra ou intracelular.

De uma maneira simples, os autores Montalván & Montaña-Velasco (1999) simbolizaram essa interação da seguinte maneira:

$$F_{ij} = G_i + E_j + GE_{ij}$$

onde:

F_{ij} : valor fenotípico do genótipo i no ambiente j

G_i : contribuição do genótipo

E_j : é o desvio resultando do ambiente j , e pode ser negativo ou positivo.

GE_{ij} : a interação entre o genótipo i no ambiente j .

A interação genótipo x ambiente é detectada avaliando os genótipos em dois ou mais ambientes contrastantes. Quando os genótipos apresentarem comportamentos concordantes nos diferentes ambientes (a diferença de produção entre genótipos se mantém a mesma), diz-se que não há interação com o ambiente, pois o fenótipo é então resultado direto do genótipo. Para a seleção de genótipos superiores essa é a melhor situação. No caso de um genótipo responder mais positivamente que outro a um estímulo ambiental (a diferença de produção entre genótipos existe), a interação é dita simples. Já no caso de uma inversão no comportamento fenotípico (a ordem de mérito dos genótipos não é a mesma nos diferentes ambientes), a interação é do tipo complexa (DESTRO & MONTALVÁN, 1999).

Para a aferição estatística da ocorrência ou não da interação genótipo x ambiente, ou seja, se essa interação é estatisticamente significativa e bem como qual sua significância, faz-se o uso da análise conjunta de todos os tratamentos de todos os ambientes (CRUZ et al., 1989). Essa análise conjunta pode ser feita na forma de um fatorial simples, e os ambientes devem formar um conjunto homogêneo. Para que um grupo de ambientes seja considerado homogêneo é feito um teste matemático simples com os quadrados médios residuais (QMRs) da análise de variância individual: a razão entre o maior e o menor QMR não deve ultrapassar o valor de 7 para que o conjunto de ambientes possa ser considerado homogêneo (PIMENTEL-GOMES, 2002).

Os autores Allard & Bradshaw (1964) dividem os fatores ambientais que influenciam na interação genótipo x ambiente em duas classes: *previsíveis*, quando ocorrem de forma sistemática ou estão sob o controle humano tais como tipo de solo, época de semeadura, espaçamento entre fileiras, população de plantas, adubação, etc.; e *imprevisíveis*, quando ocorrem sem consistência, como precipitação, temperatura, umidade relativa, ataque de parasitas, etc.

Para a recomendação de cultivares, a interação complexa é a mais importante, pois dela resulta que existam genótipos ou cultivares restritas a determinados ambientes. O ideal é o uso de cultivares com ampla adaptação (RAMALHO et al., 1990). Dessa maneira, para se atenuar efeitos da interação Vencovsky & Barriga (1992) e Ramalho et al. (1990) recomendam a identificação de cultivares específicos para cada ambiente, bem como a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica (com desempenho

constante através dos ambientes).

Ao agricultor interessa que a nova cultivar seja confiável o suficiente para substituir a outra já conhecida (LAVORENTI & MATSUOKA, 2001). Contudo, menores serão os riscos de adoção de uma cultivar quanto maior for a adaptabilidade da cultivar aos ambientes específicos como também quanto maior for a capacidade homeostática a variações imprevisíveis (LIN & BINNS, 1988). Homeostase é a capacidade da planta em adaptar suas funções fisiológicas às constantes mudanças do ambiente onde ela cresce, de forma a ser menos afetada por elas (LAVORENTI & MATSUOKA, 2001).

2.8 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

Por existirem diversos métodos para a análise da estabilidade e adaptabilidade, existem também diversas definições para esses conceitos. Uma das definições para adaptabilidade mais utilizadas atualmente é a habilidade de um dado genótipo responder positivamente à melhorias do ambiente (VERMA et al., 1978).

Já a estabilidade é definida comumente como a capacidade de um dado genótipo manter sua produção constante em ambientes e anos diferentes. Isso dá uma noção de previsibilidade produtiva (MARIOTTI et al., 1976). De uma maneira geral, quanto menor for a variância da produção ao longo dos diferentes ambientes e anos, maior é a estabilidade.

Portanto no caso de o objetivo do melhoramento genético for o desenvolvimento de variedades produtivas em um amplo espectro de ambientes (estáveis), deve-se selecionar genótipos com baixa interação com o ambiente. Já no caso de objetivar o desenvolvimento de variedades adaptadas a ambientes específicos, seleciona-se genótipos com grande interação genótipo x ambiente (BORÉM, 1998).

A estabilidade pode ser dividida em dois tipos: estatística e dinâmica. A estabilidade estatística, também denominada de estabilidade biológica, tem relação com a constância de comportamento, independente das variações do ambiente, e é medida através da variância dos desvios em relação à média geral. Este tipo de estabilidade é desejável para características como resistência a doenças, indeiscência de vagens e resistência ao acamamento. A estabilidade dinâmica ou agrônômica é relativa à previsibilidade de comportamento frente à variação de ambiente, ou seja, somente os desvios relacionados com a reação geral do genótipo contribuem para a instabilidade. Para a maioria das características quantitativas, os genótipos respondem às variações de ambiente com

variações no fenótipo (BORÉM, 1998).

Existem diversas metodologias atualmente para a análise da estabilidade e adaptabilidade, que podem ser divididas em paramétricas e não-paramétricas.

Finlay & Wilkinson (1963) desenvolveram uma metodologia paramétrica para se calcular a estabilidade agronômica, baseada em análise de regressão linear, onde o índice ambiental (média de todas as cultivares em cada ambiente) é a variável independente (X), e a produção média de cada cultivar em cada ambiente, ajustadas em escala logarítmica, é a variável dependente (Y).

Eberhart & Russell (1966) estendem o conceito de estabilidade de Finlay & Wilkinson (1963) levando em conta também o potencial responsivo de genótipos à melhoria de ambientes, com a consideração da variância do desvio da regressão como um parâmetro de estabilidade adicional. Definem como genótipo desejável aquele que apresenta rendimento médio alto, coeficiente de regressão igual a 1,0 e pequeno desvio da regressão.

Verma et al. (1978) também desenvolveram uma metodologia paramétrica que consiste em 2 retas de regressão linear sendo 1 para ambientes superiores e a outra para ambientes inferiores, sendo que nessa metodologia existe também um índice do menor ambiente, no valor de forma absoluta, com a finalidade de dar continuidade as retas de regressão, sendo que o genótipo que menos contribuiu para a variância da interação genótipo x ambiente é o mais estável.

Apesar do uso generalizado desses modelos baseados em regressão linear, eles apresentam algumas restrições de cunho estatístico. A mais citada relaciona-se com a variável independente, representada pelo índice ambiental. Essa variável que mensura a qualidade do ambiente é estimada com os próprios dados dos genótipos. Esse processo de estimação, como tal, viola os princípios básicos da análise de regressão, mostrando-se tendencioso (ROSSE et al., 2002). Uma das alternativas para contornar esse inconveniente seria o emprego de modelo de regressão não-linear nos parâmetros, como o apresentado por Toler & Burrows (1998).

Nas análises não-paramétricas há tendência de se expressar em uma ou em poucas medidas o desempenho e o comportamento de um genótipo em termos de rendimento, capacidade de resposta às variações ambientais e suas variações. Como exemplos: as metodologias mais simples de serem interpretadas são as de Lin & Binns (1988) e Hernandez et al., (1993) (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

2.9 EBERHART & RUSSELL

Eberhart desenvolveu o método descrito no artigo “Parâmetros de estabilidade para comparação de variedades” no ano de 1966, com os dados obtidos por Russell. Essa metodologia baseia-se em análise de regressão linear simples de cada genótipo em relação às variações ambientais, codificadas em um índice ambiental (EBERHART & RUSSELL, 1966).

Os parâmetros que expressam a estabilidade e adaptabilidade são a média, a resposta linear à variação ambiental e o desvio da regressão para cada genótipo, obtidos a partir do seguinte modelo descrito por Cruz (2006):

$$Y_{ij} = m + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = observação da cultivar i no ambiente j ;

m = média geral;

β_i = coeficiente de regressão

I_j = índice ambiental obtido pela diferença entre média de cada ambiente e a média geral

δ_{ij} = desvio da regressão da cultivar i no ambiente j ;

ε_{ij} = efeito do erro experimental médio.

Os coeficientes de regressão de cada genótipo em relação ao índice ambiental (β_{1i}) e os desvios desta regressão (σ^2_{di}) proporcionam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente. Para que uma variedade seja considerada “ideal”, deve apresentar, além de uma média elevada, um coeficiente de regressão igual ou próximo de 1 e desvios da regressão não diferindo significativamente de zero (CRUZ, 2006).

Esse modelo tem sido empregado com sucesso para a recomendação de várias espécies de grande importância agro-econômica. Raizer & Vencovsky (1999) trabalharam com o modelo proposto por Eberhart & Russell (1966) para indicação de novas cultivares de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo, atingindo resultados significativos, podendo assim recomendar a substituição da cultivar padrão da época, por uma mais

adaptada a ambientes favoráveis e estável em ambientes menos favoráveis. Piana *et al.* (1999) também trabalhou com o modelo de Eberhart & Russell (1966) para a análise da estabilidade e adaptabilidade de 11 genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), obtendo também resultados significativos, podendo identificar quais genótipos apresentavam estabilidade média e quais adaptavam-se especificamente a cada um dos 23 municípios do Rio Grande do Sul estudados. Vendruscolo *et al.* (2001) utilizou o modelo de Eberhart & Russell (1966) para estudar a estabilidade e adaptabilidade de 11 genótipos de milho-pipoca (*Zea mays*), conseguindo efetivamente caracterizar cada um destes genótipos. Peluzio *et al.* (2005) também se valeu do modelo de Eberhart & Russell (1966) para avaliar com sucesso 7 cultivares de soja (*Glycine max*) quanto à estabilidade fenotípica para a região sul do estado de Tocantins.

2.10 FERRAMENTAS PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERAÇÃO G x A

Muitos programas computacionais foram desenvolvidos para a análise estatística e também para análise da interação genótipo x ambiente. Programas como MSTATC, SISVAR, SAS, Estabilidade e GENES estão entre os mais populares.

Neste presente trabalho, utilizou-se o programa GENES, que é um utilitário de análise estatística de distribuição gratuita, voltado para a área do melhoramento genético. Foi criado por Cosme Damião Cruz, da Universidade Federal de Viçosa no ano de 2001. É compatível com o sistema operacional Windows e microcomputadores da linha IBM PC. Realiza diversos procedimentos genético-estatísticos, como análises de variância, teste de médias, análises biométricas, análises de diversidade genética, simulações, e estudo da interação genótipo x ambiente (CRUZ, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS

Os experimentos foram conduzidos a campo em 6 unidades produtoras do estado do Paraná localizadas em 6 municípios (Tabela 1), no ano agrícola 2006/2007, exceto para o município de Colorado (2005/2006).

TABELA 1 – LOCALIZAÇÃO, TEXTURA DE SOLO, ALTITUDE, LATITUDE E LONGITUDE DOS LOCAIS ONDE FORAM CONDUZIDOS OS EXPERIMENTOS DA SÉRIE RB97, CICLO DE MATURAÇÃO PRECOCE, ESTADO DO PARANÁ, 2009.

Ambiente	Município	Textura de solo	Altitude	Latitude	Longitude
1	Bandeirantes	Argilosa	492 m	23º 06´ S	50º 22´ W
2	Colorado	Arenosa	400 m	22º 50´ S	51º 54´ W
3	Jussara	Argilosa	408 m	23º 50´ S	52º 27´ W
4	Rondon	Arenosa	530 m	23º 23´ S	52º 43´ W
5	São Carlos do Ivaí	Argilosa	380 m	23º 18´ S	52º 28´ W
6	São Pedro do Ivaí	Argilosa	400 m	23º 52´ S	51º 41´ W

Fonte: IBGE (2009).

A distinção entre solos de textura arenosa ou argilosa é uma forma generalizada de diferenciar locais de cultivo, mas que representa satisfatoriamente de maneira sintética o espectro total de solos encontrados no Paraná para o cultivo da cana-de-açúcar.

Todos os municípios compreendidos neste trabalho estão situados na região Norte do Paraná. Nesta região o clima é do tipo Cfa (h) conforme classificação do ITCF (Instituto de Terras, Cartografias e Florestas). O clima Cfa (h) clima tropical original modificado pela altitude (EMBRAPA, 2009).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS CLONES SÉRIE RB97 PRECOCE

A série RB97 precoce avaliada neste trabalho conta com 15 diferentes genótipos em FE, instalada em 06 ambientes, que no final do ano de 2007 encontrava-se em ciclo de cana-soca. Nesta série foram incorporados clones vindos da Universidade Federal de Viçosa, provenientes das séries RB99 e RB00, que tiveram destaque nas etapas anteriores do PMGCA/UFPR.

Os clones avaliados pelo presente estudo encontram-se descritos na Tabela 2:

TABELA 2 - RELAÇÃO DOS CLONES DA SÉRIE RB97 PRECOCE E RESPECTIVOS GENITORES (FEMININO x MASCULINO). PARANÁ. 2009.

Genótipos	Clones	Parentais
1	RB855453 ¹	TUC71-7 x ?
2	RB975932	SP80-165 x RB855206
3	RB975934	SP80-165 x RB855206
4	RB975935	L60-14 x ?
5	RB975941	RB835486 x RB855113
6	RB975943	RB735200 x RB855563
7	RB975944	RB855563 x RB735200
8	RB975948	RB855206 x SP80-185
9	RB975949	RB825548 x RB855206
10	RB975952	RB835486 x RB825548
11	RB975955	RB835486 x ?
12	RB976933	RB855176 x RB735200
13	RB976934	SP80-185 x RB855206
14	RB976935	RB835486 x RB855079
15	RB998048	SP80-1816 x RB855036
16	RB008034	RB845197 x ?

¹cultivar utilizada como padrão experimental. Fonte: PMGCA/UFPR (2009)

A variedade RB855453, com amplo uso comercial no Estado foi utilizada como variedade padrão ou testemunha.

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, com 3 repetições. As parcelas foram constituídas de 4 (quatro) sulcos de 8,0 m de comprimento, espaçadas de 1,40 m, com 16 gemas por metro linear, caracterizando uma área útil de 56 m². Foram colhidas por parcela 3 (três) amostras de 15 (quinze) colmos, retiradas dos dois sulcos centrais, desprezando-se 1,00 m a título de bordadura, na frente e no fundo da parcela.

O preparo do solo empregado foi o cultivo mínimo. A adubação de cana planta foi de 500 Kg.ha⁻¹ do adubo formulado 5(N) – 25(P₂O₅) – 25(K₂O) kg/ha, colocado no sulco. O plantio foi manual, com a cobertura realizada com cobridor mecânico. O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicidas recomendados para a cana-de-açúcar e utilizados nas unidades produtoras. A colheita foi manual em cana crua, sem queima e os dados foram estimados por biometria, observando um período de 13 meses para o

primeiro corte (cana-planta).

As avaliações feitas na colheita foram às seguintes:

- a) contagem do número de colmos, dos dois sulcos centrais, para obtenção do número de colmos por metro linear (NCM);
- b) massa de um colmo obtido da média da massa de 15 colmos, em três amostras (M1C);
- c) POL: o teor de pol na cana-de-açúcar foi obtido por análise tecnológica a partir de 10 colmos por parcela;
- d) Tonelada de cana por hectare (TCH), obtida pela fórmula:

$$\text{TCH} = \text{NCM} \times \text{M1C} \times 7,142$$

- e) Tonelada de pol por hectare (TPH) obtida pela fórmula:

$$\text{TPH} = (\text{TCH}) \times (\text{POL}) / 100$$

Duas variáveis foram utilizadas para estimar o desempenho fenotípico neste estudo: TCH, que é o total de massa de cana produzida por hectare; e TPH, que sintetiza as principais características de produção de interesse agro/econômico (ZENI NETO, 2007).

3.4 ANÁLISE CONJUNTA

A análise conjunta de todos os ambientes foi feita pelo programa GENES (2006) na forma de um fatorial simples com 6 ambientes, com delineamento de blocos ao acaso. Foram considerados os genótipos como fixos e os ambientes como aleatórios. Os genótipos foram considerados fixos, pois eles constituem uma população completa, e os resultados deles advindos não serão extrapolados para outras populações. Já os ambientes constituem-se de uma amostra dos ambientes a que se pretende extrapolar os resultados para outras localidades, por isso, na análise conjunta foram considerados como aleatórios.

Para que o conjunto de ambientes seja considerado homogêneo, é necessário que os erros experimentais dos mesmos não difiram muito entre si. Para tanto, foi feita uma verificação matemática com os quadrados médios residuais (QMR) das análises

estatísticas individuais: a razão entre o maior e o menor QMR não deve passar de 7.

A análise conjunta foi feita para cada uma das duas variáveis estudadas no presente trabalho: uma para TCH e outra para TPH.

A fórmula matemática empregada na análise conjunta foi:

$$Y_{ijk} = m + B / A_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : representa o i – ésimo genótipo, no j – ésimo ambiente e o k – ésimo bloco;

m : média geral do ensaio;

B / A_{jk} : efeito de blocos dentro de ambiente;

G_i : efeito do i – ésimo genótipo;

A_j : efeito do j – ésimo ambiente;

GA_{ij} : efeito da interação do i – ésimo genótipo no j – ésimo ambiente;

E_{ijk} : erro médio associado à observação Y_{ijk} .

3.5 ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PELO MÉTODO EBERHART & RUSSELL (1966)

A análise da adaptabilidade e estabilidade pelo método Eberhart & Russell também foi feita através do programa GENES (2006). Os dados utilizados como entrada no programa para esta análise foram os QMRs e os QMBs (quadrados médios dos blocos) gerados pela análise conjunta (Anexo 2) e as médias dos tratamentos de cada ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DE VARIÂNCIA INDIVIDUAIS

Os principais fatores da análise de variância individual para cada um dos 6 ambientes, para as duas variáveis, estão descritos nas Tabelas 3 e 4:

TABELA 3 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, HERDABILIDADE E TESTE F DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA UM DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH. PARANÁ. 2009.

Ambiente	Coeficiente de Variação	Herdabilidade	Teste F
Bandeirantes	4,72%	91,54%	0,00
Colorado	8,42%	92,25%	0,00
Jussara	13,20%	44,24%	0,00
Rondon	8,53%	88,40%	0,00
São Carlos do Ivaí	7,85%	74,24%	0,00
São Pedro do Ivaí	8,44%	73,34%	0,00
Média	8,52%	77,33%	

O coeficiente de variação é a estatística mais utilizada para avaliação da qualidade experimental (FREITAS et al., 2009), quanto menor for, mais preciso tende a ser o experimento. A média geral do coeficiente de variação do experimento para a variável TCH ficou em 8,52%, o que segundo a classificação proposta por Pimentel Gomes (1985), é considerada baixa. Esta classificação considera como baixo coeficiente de variação para experimentos agrônômicos, quando estes estiverem abaixo de 20%. Freitas et al. (2009) consideram que a proposta de Pimentel Gomes (1985) demasiadamente generalizada, propondo então, novas classificações para experimentos especificamente para variáveis importantes para a cultura da cana-de-açúcar. Segundo os autores, para a variável TCH, a alta qualidade experimental é atribuída a coeficientes de variação iguais ou menores que 7%, a média qualidade coeficientes entre 7 e 13%, e acima de 13%, é considerada baixa qualidade experimental. Segundo essa nova proposta, o coeficiente de variação para a variável TCH do presente experimento é classificado como médio.

No presente trabalho, verificou-se que o ambiente que menos contribuiu com a qualidade experimental situa-se no município de Jussara.

A herdabilidade média do experimento para a variável TCH ficou em 77,33%, considerada alta, o que confirma esta variável como um ótimo caractere para seleção.

Em todos os ambientes verificou-se diferença significativa entre os tratamentos para a variável TCH, com uma alta probabilidade (menor que 1%). Isto significa que

houve performance diferenciada entre os clones, indicando haver clones mais produtivos e menos produtivos estatisticamente em cada ambiente. Portanto, para a variável TCH, é pertinente se fazer o teste de médias.

TABELA 4 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, HERDABILIDADE E TESTE F, DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA UM DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ. 2009.

Ambiente	Coeficiente de Variação	Herdabilidade	Teste F
Bandeirantes	4,70%	95,00%	0,00
Colorado	10,53%	77,46%	0,00
Jussara	15,50%	54,22%	0,03
Rondon	11,79%	71,00%	0,00
São Carlos do Ivaí	9,65%	77,66%	0,00
São Pedro do Ivaí	8,47%	88,13%	0,00
Média	10,10%	77,24%	

A análise de variância para a variável TPH demonstrou a existência de diferença significativa entre os tratamentos a 1% de probabilidade, o que significa que a performance dos genótipos foi diferenciada. A média geral do coeficiente de variação 10,1% é considerado baixo pela proposta de Pimentel Gomes (1985), já pela proposta de Freitas et al. (2009), um coeficiente acima de 10% é considerado alto para a variável TPH. Ainda segundo esta última proposta de classificação, apenas Bandeirantes obteve um coeficiente de variação considerado baixo (4,70%), ou seja, menor que 6%.

Uma alta herdabilidade média (acima de 70%) para a variável TPH foi calculada, o que confirma essa variável como um ótimo caractere para seleção.

No caso do município de Jussara, em que houve a perda de uma repetição em uma parcela para a variável POL, efetuou-se então um ajuste de média para estimar o possível valor perdido. Ajuste feito automaticamente pelo programa GENES.

Em todos os ambientes verificou-se a existência de diferença significativa entre os tratamentos, com uma alta probabilidade (menor que 1%). Portanto, torna-se pertinente o teste de médias para se identificar os genótipos mais produtivos em cada ambiente em relação à variável TPH.

4.2 ANÁLISE CONJUNTA PARA VARIÁVEL TCH

A partir dos dados obtidos na análise de variância individual, efetuou-se a análise conjunta, na forma de um fatorial simples com 6 ambientes. Consideraram-se os

genótipos como fixos, pois os genótipos formam uma população completa, e ambientes como aleatórios, pois são uma amostra dos encontrados no estado do Paraná e as conclusões serão estendidas para outras áreas do estado. Não foi selecionada nenhuma decomposição em graus de liberdade.

A seguir, na Tabela 5, são descritos os principais dados calculados da análise conjunta para a variável TCH realizada com os 6 ambientes:

TABELA 5 – FONTE DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE, SOMA DOS QUADRADOS, QUADRADOS MÉDIOS E VALORES DE F DA ANÁLISE CONJUNTA DE 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH. PARANÁ. 2009.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Tratamentos	15	18924.58	1261.64	2.58 **
Ambientes	5	246307.50	49261.50	66.32 ^{NS}
Interação GxA	75	36710.92	489.48	4.15 **
Resíduo	180	21220.57	117.89	

** significativo a 5%; ^{NS} não significativo.

A análise conjunta dos 6 ambientes indicou a ocorrência da interação genótipo x ambiente, com um valor de F significativo à 5%, o que vale dizer que os ambientes estão influenciando diferentemente na expressão fenotípica. Portanto, a análise da estabilidade e adaptabilidade torna-se viável. Na tabela 6 a seguir, estão descritos os quadrados médios residuais da variável TCH para cada ambiente:

TABELA 6 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TCH. PARANÁ. 2009.

Ambiente	Quadrado Médio Residual
Bandeirantes	32.33
Colorado	40.90
Jussara	195.20
Rondon	159.84
São Carlos do Ivaí	173.32
São Pedro do Ivaí	105.76

Conforme visto anteriormente, o autor Pimentel-Gomes (2002) sugere que para um grupo de ambientes ser considerado homogêneo, a relação entre o maior e o menor QMR, não deve ultrapassar 7. Isso equivale a dizer que os erros experimentais dos ambientes não podem ser muito discrepantes para que os ambientes possam ser

analisados conjuntamente. No presente trabalho, para a variável TCH a relação entre o maior (Jussara) e o menor (Bandeirantes) QMR ficou em 6,038, portanto, o grupo de ambientes pode ser considerado homogêneo, podendo assim ser realizado o estudo da estabilidade e adaptabilidade para esta variável.

4.3 ANÁLISE CONJUNTA PARA A VARIÁVEL TPH

A seguir, na Tabela 7 são descritos os principais dados calculados da análise conjunta para a variável TPH realizada com os 6 ambientes:

TABELA 7 – FONTE DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE, SOMA DOS QUADRADOS, QUADRADOS MÉDIOS E VALORES DE F DA ANÁLISE CONJUNTA DE 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ. 2009.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Tratamentos	15	222.63	14.84	1.11 **
Ambientes	5	5177,25	1035.45	69.22 ^{NS}
Interação GxA	75	1002.09	13.36	4.67 **
Resíduo	180	514.40	2.86	

** significativo a 5%; ^{NS} não significativo.

Do mesmo modo que TCH, a análise conjunta da variável TPH também mostrou a ocorrência da interação genótipo x ambiente, com nível de significância a 5%. Dessa forma, o estudo da estabilidade e adaptabilidade também se torna viável.

Na tabela 8, a seguir, são descritos os quadrados médios residuais da análise conjunta da variável TPH, para cada ambiente:

TABELA 8 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS DA ANÁLISE CONJUNTA DOS 6 AMBIENTES, VARIÁVEL TPH. PARANÁ. 2009.

Ambiente	Quadrado Médio Residual
Bandeirantes	0.61
Colorado	0.95
Jussara	3.99
Rondon	4.98
São Carlos do Ivaí	4.75
São Pedro do Ivaí	1.86

Apesar do baixo coeficiente de variação médio do experimento, a relação entre o maior (Rondon) e o menor (Bandeirantes) QMR obtido na análise conjunta para a variável TPH foi de 8,04, indicando uma homogeneidade baixa no conjunto de ambientes analisados. Conforme Pimentel-Gomes (2002), essa relação passou do indicado para que o grupo seja considerado homogêneo. Este autor recomenda excluir os ambientes que aumentam demais essa relação. Apesar disso optou-se por manter esse grupo para que o número de ambientes não fique muito baixo, pois foi considerado que a relação não passou muito da sugerida por Pimentel-Gomes (2002).

4.4 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE PELO MÉTODO DE EBERHART & RUSSELL (1966)

Segundo Vencovsky & Barriga (1992), os modelos baseados em regressão linear simples, como Eberhart & Russell (1966), são preferencialmente empregados quando do baixo número de ambientes, ou seja, até 8 ambientes. A partir daí, os modelos bissegmentados devem ser preferidos. Portanto, é adequada a adoção deste modelo para o presente trabalho.

De posse dos QMR e dos QMB provenientes da análise conjunta, efetuou-se a análise da estabilidade e adaptabilidade para as variáveis TCH e TPH, em 6 ambientes.

4.4.1 Índices ambientais – Variável TCH

Os índices ambientais calculados para a variável TCH encontram-se descritos na Tabela 9. A média da variável TCH ficou em 123,27. Foram classificados como favoráveis os seguintes ambientes: Rondon e São Carlos do Ivaí. Como desfavoráveis, os seguintes ambientes foram classificados: Bandeirantes, Colorado, Jussara e São Pedro do Ivaí. O ponto fraco dos modelos baseados em regressão linear, como o proposto por Eberhart & Russell (1966), é a classificação dos índices ambientais. Por utilizar-se apenas a média do restrito grupo de genótipos do experimento em questão temos uma classificação tendenciosa, pois só leva em consideração os dados em questão. É o que apontam diversos autores, como Rosse et al. (2002). Portanto, mesmo tendo sido considerados como ambientes desfavoráveis, os municípios Rondon, Jussara e São Pedro do Ivaí, obtiveram média para TCH acima da média da safra paranaense do ano de 2008 segundo

o levantamento da CONAB (2009), que ficou em 84,27. Apesar deste fato, para os fins do presente estudo, a classificação dos ambientes mostrou-se contrastante e, portanto tornou viável o estudo da estabilidade e adaptabilidade.

TABELA 9 – MÉDIAS E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA CADA AMBIENTE, VARIÁVEL TCH, EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ. 2009.

Ambiente	Média	Índice (X)
Bandeirantes	120,37	-2,90
Colorado	75,95	-47,32
Jussara	105,83	-17,45
Rondon	148,19	24,91
São Carlos do Ivaí	167,50	44,23
São Pedro do Ivaí	121,80	-1,47
Total	123,27	

4.4.2 Índices ambientais – Variável TPH

Os índices ambientais calculados para a variável TPH encontram-se descritos na Tabela 10:

TABELA 10 – MÉDIAS E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA CADA AMBIENTE, VARIÁVEL TPH, EBERHART & RUSSELL. PARANÁ. 2009.

Ambiente	Média	Índice (X)
Bandeirantes	16,63	0,56
Colorado	9,25	-6,82
Jussara	12,88	-3,19
Rondon	18,94	2,88
São Carlos do Ivaí	22,11	6,53
São Pedro do Ivaí	16,11	0,04
Total	15,98	

A média de TPH total do experimento ficou em 15,98. Pelo cálculo, foram classificados como ambientes favoráveis: Bandeirantes, Rondon, São Carlos do Ivaí e São Pedro do Ivaí. E como ambientes desfavoráveis: Colorado e Jussara. Nota-se uma diferença quanto à classificação dos ambientes em relação às duas variáveis. Isso

demonstra que a produção de POL é diferente nos ambientes testados.

O ambiente menos favorável (Colorado) obteve uma média baixa provavelmente devido ao tipo de solo mais pobre, derivado de arenito. Esta é uma interação do tipo previsível. Porém percebe-se que outro ambiente com solo derivado de arenito, município de Rondon, foi classificado como favorável. Tal fato pode ser explicado porque este ambiente situar-se em faixa transitória entre duas texturas de solo, arenosa e argilosa.

4.5 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE – VARIÁVEL TCH

A seguir, na Tabela 11, estão descritos os parâmetros de adaptabilidade para a variável TCH:

TABELA 11 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B1), TESTE T PARA B1=1, E PROBABILIDADE. VARIÁVEL TCH. EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ. 2009.

Genótipo	Média (B0)	B1	t (B1 = 1)	Probabilidade (%)
1 – RB855453 ¹	129,04	1,08 ^{NS}	0,88	61,57
2 - RB975932	128,75	0,93 ^{NS}	-0,84	59,33
3 - RB975934	115,73	1,22**	2,56	1,10
4 - RB975935	124,17	1,14 ^{NS}	1,57	11,38
5 - RB975941	120,24	0,93 ^{NS}	-0,83	58,74
6 - RB975943	114,64	1,12 ^{NS}	1,34	17,86
7 - RB975944	130,36	1,37 *	4,27	0,00
8 - RB975948	109,53	0,82 **	-2,05	3,93
9 - RB975949	142,46	1,12 ^{NS}	1,39	16,21
10 - RB975952	130,03	1,10 ^{NS}	1,10	27,08
11 - RB975955	124,68	0,88 ^{NS}	-1,37	16,82
12 - RB976933	123,00	0,82 **	-2,03	4,13
13 - RB976934	115,60	0,60 *	-4,53	0,00
14 - RB976935	115,61	0,83 ^{NS}	-1,90	5,55
15 - RB998048	130,28	0,97 ^{NS}	-0,39	70,12
16 - RB008034	118,24	1,07 ^{NS}	0,84	59,11

¹ cultivar utilizada como padrão experimental; ^{NS} não significativo; **significativo a 5%; *significativo a 1%.

Os genótipos com adaptação a ambientes favoráveis (B>1) para a variável TCH, segundo Eberhart & Russell (1966) foram: RB975934 e RB975944. Destes dois, apenas o genótipo RB975944 obteve média superior à média experimental, superando inclusive o padrão.

Em relação à adaptação ampla ($B=1$), para a variável TCH, segundo Eberhart & Russell (1966), os seguintes genótipos foram classificados desta maneira: RB855453, RB975932, RB975935, RB975941, RB975943, RB975949, RB975952, RB975955, RB976935, RB998048 e RB008034. Destes, os genótipos que obtiveram média superior à média experimental foram: RB855453, RB975932, RB975935, RB975949, RB975952, RB975955 e RB998048. Superaram o padrão: RB975949, RB975952 e RB998048. Foram classificados como adaptados a ambientes desfavoráveis os genótipos: RB976933 e RB976934. A variedade padrão foi classificada, em relação à TCH, com adaptabilidade ampla e uma produção média acima da média experimental.

4.6 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE – VARIÁVEL TPH

A seguir, na Tabela 12, é descrita a tabela de estimativa dos parâmetros de adaptabilidade para a variável TPH:

TABELA 12 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B_1), TESTE T PARA $B_1=1$, E PROBABILIDADE. VARIÁVEL TPH. EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ. 2009.

Genótipo	Média (B_0)	B_1	t ($B_1 = 1$)	Probabilidade (%)
1 - RB855453 ¹	16,99	1,09 ^{NS}	0,95	65,26
2 - RB975932	14,75	1,09 ^{NS}	-1,75	7,71
3 - RB975934	15,61	0,83 **	2,09	3,58
4 - RB975935	16,14	1,20 ^{NS}	0,14	88,56
5 - RB975941	16,31	1,01 ^{NS}	-1,47	13,77
6 - RB975943	16,66	0,86 **	2,53	1,17
7 - RB975944	17,47	1,24 *	4,50	0,00
8 - RB975948	14,60	0,87 ^{NS}	-1,34	17,85
9 - RB975949	16,55	1,02 ^{NS}	0,25	79,85
10 - RB975952	17,86	1,26 *	2,74	0,67
11 - RB975955	16,25	0,89 ^{NS}	-1,19	23,53
12 - RB976933	15,98	0,79 **	-2,19	2,81
13 - RB976934	15,25	0,63 *	-3,93	0,02
14 - RB976935	15,35	0,83 ^{NS}	-1,84	6,45
15 - RB998048	15,50	0,91 ^{NS}	-0,94	65,20
16 - RB008034	15,78	1,14 ^{NS}	1,46	14,14

¹ cultivar utilizada como padrão experimental; ^{NS} não significativo; **significativo a 5%; *significativo a 1%.

Os genótipos que apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis ($B>1$)

foram: RB975944 e RB975952. Ambos os genótipos apresentaram também uma elevada produção média de pol por hectare, 17,47 e 17,86 respectivamente, superando o padrão.

Apresentaram adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($B < 1$) os genótipos: RB975934, RB975943, RB976933 e RB976934. Destes, o genótipo que apresentou maior produção média de pol por hectare foi o RB975943, ficando em 16,66. Os demais genótipos apresentaram adaptabilidade ampla ($B = 1$), incluindo o padrão. Destes, os genótipos que apresentaram produtividade acima da média foram: RB975935, RB975941, RB975949 e RB975955. Apesar da boa produtividade, o genótipo RB975941 apresentou a carvão, mostrando-se suscetível a essa doença.

4.7 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DE ESTABILIDADE – VARIÁVEL TCH

A seguir, na tabela 13, apresentamos a descrição dos parâmetros de estabilidade, para a variável TCH, segundo Eberhart & Russell (1966):

TABELA 13 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ESTABILIDADE (S^2d), PROBABILIDADE E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2). EBERHART & RUSSELL (1966). VARIÁVEL TCH. PARANÁ. 2009.

Genótipo	Média	S^2d	Probabilidade (%)	R^2 (%)
1 - RB855453 ¹	129,04	96,10	0,97 **	91,66
2 - RB975932	128,75	239,86	0,00 **	79,78
3 - RB975934	115,73	38,46	9,96 ^{NS}	96,11
4 - RB975935	124,17	96,72	0,94 **	92,42
5 - RB975941	120,24	62,89	3,77 *	91,52
6 - RB975943	114,64	153,53	0,09 **	89,25
7 - RB975944	130,36	202,94	0,01 **	90,90
8 - RB975948	109,53	75,50	2,26 *	88,27
9 - RB975949	142,46	-17,28	100,00 ^{NS}	98,65
10 - RB975952	130,03	90,31	1,23 *	92,25
11 - RB975955	124,68	6,10	33,23 ^{NS}	95,63
12 - RB976933	123,00	132,75	0,21 **	83,45
13 - RB976934	115,60	129,12	0,24 **	73,51
14 - RB976935	115,61	157,09	0,08 **	81,94
15 - RB998048	130,28	138,05	0,17 **	87,10
16 - RB008034	118,24	145,20	0,12 **	88,90

¹ cultivar utilizada como padrão experimental; ^{NS} não significativo; **significativo a 5%; *significativo a 1%.

Os genótipos que foram considerados estáveis para a variável TCH, pelo método de Eberhart & Russell (1966), foram os seguintes: RB975934, RB975949 e RB975955. Destes, os genótipos RB975949 e RB975955 tiveram médias acima da média experimental, sendo que o RB975949 superou inclusive a variedade padrão. Os demais genótipos foram considerados com baixa estabilidade, pois sua variância através dos ambientes foi muito alta, sendo assim de baixa previsibilidade de produção.

Segundo Borém (1998), muitos autores também estimam a estabilidade produtiva através do coeficiente de determinação (R^2), ou seja, através do desvio em relação à resposta linear. Ou seja, o índice de estabilidade e o R^2 medem essencialmente a mesma coisa.

4.8 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DE ESTABILIDADE – VARIÁVEL TPH

A seguir, apresentamos na tabela 14 os parâmetros de estabilidade calculados para a variável TPH:

TABELA 14 – GENÓTIPOS, MÉDIAS, PARÂMETRO DE ESTABILIDADE (S^2_d), PROBABILIDADE E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2). EBERHART & RUSSELL (1966). VARIÁVEL TPH. PARANÁ. 2009.

Genótipo	Média	S^2_d	Probabilidade (%)	R^2 (%)
1 – RB855453 ¹	16,99	1,02	8,68 ^{NS}	94,20
2 - RB975932	14,75	5,47	0,00 **	74,54
3 - RB975934	15,61	0,40	22,89 ^{NS}	96,61
4 - RB975935	16,14	0,44	21,38 ^{NS}	95,19
5 - RB975941	16,31	2,41	0,84 **	85,61
6 - RB975943	16,66	2,31	0,99 **	92,67
7 - RB975944	17,47	6,30	0,00 **	88,27
8 - RB975948	14,60	4,75	0,015 **	78,31
9 - RB975949	16,55	2,42	0,83 **	89,34
10 - RB975952	17,86	4,14	0,043 **	89,34
11 - RB975955	16,25	3,34	0,17 **	83,22
12 - RB976933	15,98	4,25	0,03 **	76,57
13 - RB976934	15,25	4,62	0,02 **	65,78
14 - RB976935	15,35	2,60	0,607 **	83,85
15 - RB998048	15,50	1,25	5,86 ^{NS}	91,01
16 - RB008034	15,78	4,75	0,015 **	85,95

¹ cultivar utilizada como padrão experimental; ^{NS} não significativo; **significativo a 5%; *significativo a 1%.

Pelo cálculo, os genótipos que obtiveram baixa variância, ou seja, que obtiveram alta estabilidade ou tiveram um comportamento previsível ($S^2d = 0$) foram os seguintes: RB855453 (padrão), RB975934, RB975935 e RB998048. Destes, além do padrão, apenas o genótipo RB975935 teve TPH médio acima da média geral.

Os demais genótipos que obtiveram baixa estabilidade ($S^2d \neq 0$), ou seja, seus comportamentos são muito influenciados pelo ambiente.

Os clones RB975932, RB975934 e RB9756934 foram obtidos do mesmo cruzamento (SP80-165 x RB855206), entretanto apresentaram comportamentos bastante distintos em relação a todos os parâmetros estudados. Para TCH, o clone RB975932 apresenta adaptabilidade geral ($B = 0,93$), RB975934 adaptabilidade a ambientes favoráveis ($B = 1,22$) e RB976934 adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($B = 0,60$). Isso demonstra uma grande variabilidade existente nesse cruzamento.

Zeni Neto et al. (2008) concluíram que ao longo dos ciclos de colheita da cana-de-açúcar há uma diminuição progressiva da produtividade. Isto implica que para uma avaliação ser satisfatória deve ser feita por pelo menos 4 anos. Neste estudo foram avaliados dados referentes apenas ao primeiro ano (cana-planta), portanto, para permitir a recomendação dos clones estudados, deve ser feita a mesma análise por pelo menos mais 3 safras.

4.9 CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR – EBERHART & RUSSELL – VARIÁVEL TCH

As representações gráficas das curvas de regressão linear, para cada genótipo, e suas respectivas comparações com o padrão, geradas pelo programa GENES, através do método proposto por Eberhart & Russell (1966), estão nas Figuras 1 e 2.

4.9.1 Genótipo 1 – RB855453 – Padrão

O padrão usado no experimento, a variedade comercial RB855453 (Figura 1a), apresentou um TCH médio de 129,04, ficando acima da média experimental. O coeficiente de determinação R^2 para o padrão ficou em 91,66% que pode ser considerado médio.

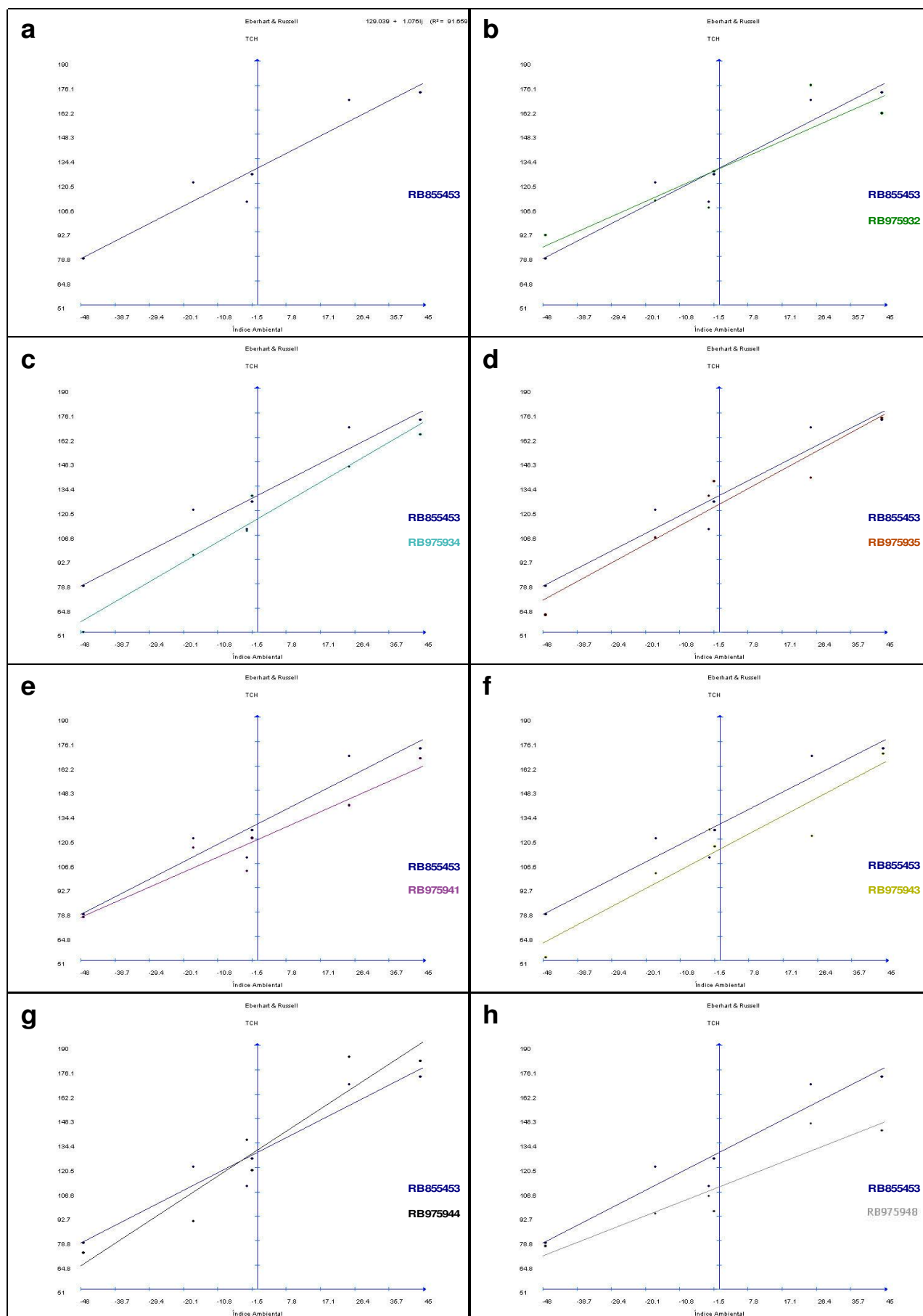


FIGURA 1 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TCH, GENÓTIPOS DE 1 A 8. SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

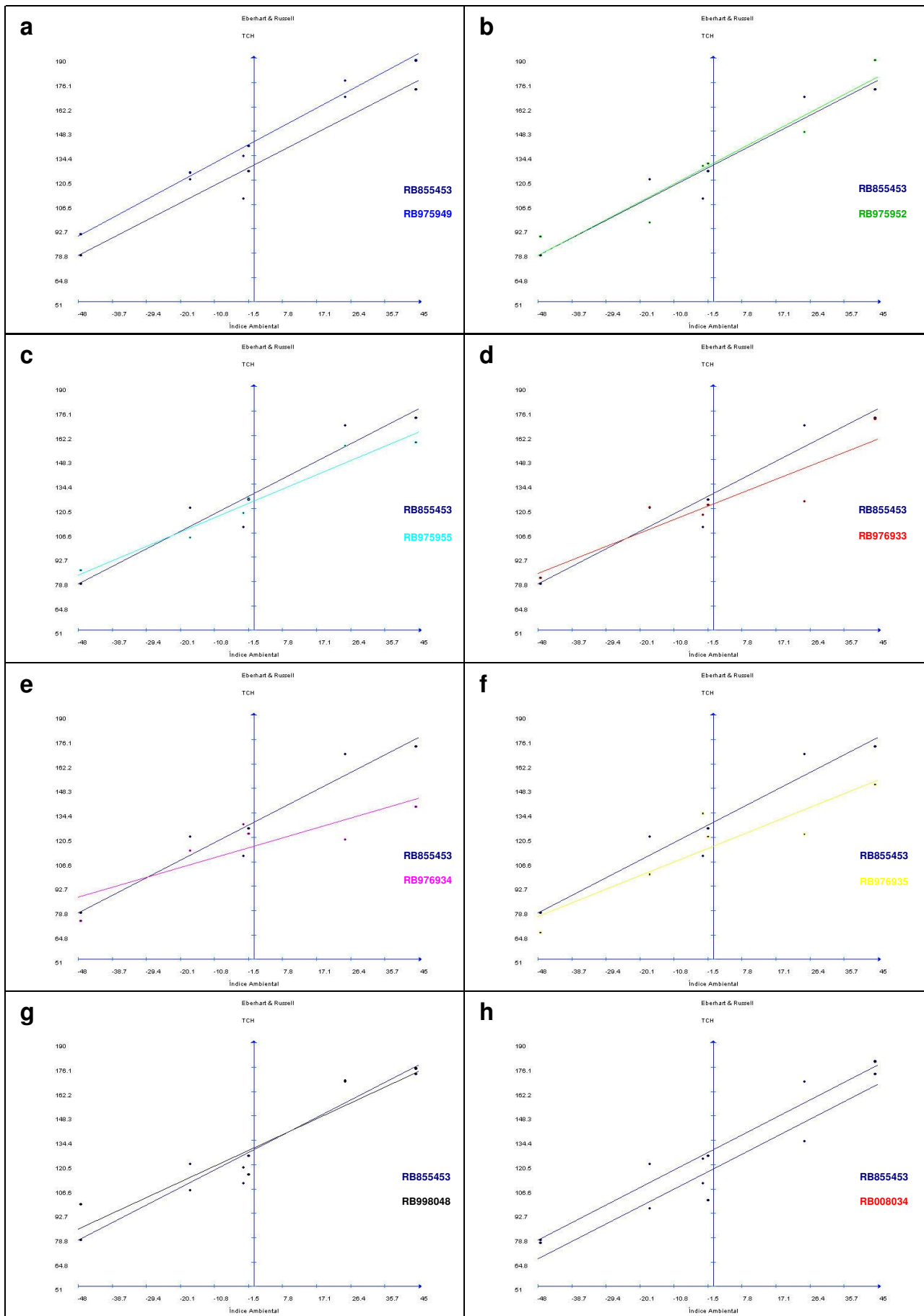


FIGURA 2 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TCH, GENÓTIPOS DE 9 A 16. SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

No teste de médias Scott & Knott a 5% para a variável TCH (Anexo 1), o padrão foi superior nos municípios de Rondon (favorável), São Carlos do Ivaí (favorável) e São Pedro do Ivaí (desfavorável). Demonstrando assim, além de um alto rendimento, uma boa estabilidade de produção, o que corrobora com a estimativa de adaptabilidade ampla e o coeficiente de determinação médio, calculados pelo método de Eberhart & Russell (1966). Desta maneira, o padrão constitui-se num bom referencial para comparação das novas possíveis variedades.

4.9.2 Genótipo 2 – RB975932

O TCH médio para o genótipo RB975932 (Figura 1b) ficou em 128,75, acima da média experimental, e o coeficiente de determinação ficou em 79,78%, considerado baixo, indicando uma baixa estabilidade e previsibilidade de comportamento produtivo. Na comparação das curvas de regressão, o genótipo RB975932 tende a superar o padrão nos ambientes muito desfavoráveis. Esse dado é parcialmente corroborado pelo teste de comparação de médias (Anexo 1), onde o genótipo RB975932 foi superior ao padrão no município Colorado, classificado como ambiente desfavorável.

4.9.3 Genótipo 3 – RB975934

Apesar da alta estabilidade de produção estimada pelo método de Eberhart & Russell (1966), e um alto coeficiente de determinação (96,11%), a média do genótipo RB975934 para a variável TCH foi baixa (115,73).

Na comparação entre as curvas (Figura 1c) em nenhum momento o genótipo RB975934 tende a superar o padrão. De maneira pontual, no município de São Pedro do Ivaí (desfavorável), este genótipo ficou entre os superiores pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), porém, não superou o padrão em nenhum momento.

4.9.4 Genótipo 4 – RB975935

O TCH médio para o genótipo RB975935 ficou em 124,17, ligeiramente acima da média experimental. O R^2 calculado ficou em 92,42%, que pode ser considerado médio.

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 1d), não é esperado que o genótipo RB975935 supere o padrão em nenhum ambiente. Apesar disso, pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), este genótipo superou o padrão em Bandeirantes (desfavorável), ficando entre os genótipos superiores em São Pedro do Ivaí (desfavorável). Já no ambiente mais desfavorável (Colorado), a produtividade deste genótipo caiu muito, mostrando baixa estabilidade produtiva ou uma dependência grande por ótimas condições de cultivo.

4.9.5 Genótipo 5 – RB975941

O TCH médio para o genótipo RB975935 ficou em 120,23, abaixo da média experimental. O R^2 calculado ficou em 91,52%, que pode ser considerado médio.

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 1e), não é demonstrada tendência deste genótipo superar o padrão em nenhum ambiente. Esse dado é corroborado com o teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), onde em nenhum momento este genótipo foi superior estatisticamente ao padrão. Apesar disso, esteve entre os genótipos superiores nos municípios Rondon (favorável), São Carlos do Ivaí (favorável) e São Pedro do Ivaí (desfavorável). No município de Bandeirantes (desfavorável), este genótipo obteve o pior valor para TCH entre todos os genótipos. De maneira geral esses dados evidenciam a baixa estabilidade do genótipo RB975941. Além disso, o aparecimento de carvão neste genótipo mostra uma suscetibilidade alta a essa doença, o que é negativo.

4.9.6 Genótipo 6 – RB975943

Para o genótipo RB975943, o TCH ficou em 114,64, bem abaixo da média experimental. O R^2 calculado também é baixo, ficando em 89,25%.

Na comparação entre as curvas (Figura 1f) estima-se que este genótipo não superará o padrão em nenhum ambiente. Apesar disso, pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), no município de Bandeirantes (desfavorável), este genótipo superou o padrão, ficando entre os genótipos superiores.

4.9.7 Genótipo 7 – RB975944

O genótipo RB975944 obteve uma média alta para TCH, ficando em 130,36, bem acima da média experimental, superando inclusive a média do padrão. O coeficiente de determinação ficou em 90,90%, que pode ser considerado médio.

Na comparação das curvas (Figura 1g), evidencia-se a tendência deste genótipo superar o padrão nos ambientes favoráveis, porém, a de ficar atrás nos ambientes desfavoráveis. Estatisticamente, pelo teste de comparação de médias Scott & Knott (Anexo 1), este genótipo superou o padrão apenas no município de Bandeirantes (desfavorável), apesar disso, em valores absolutos, esteve à frente deste nos ambientes favoráveis Rondon e São Carlos do Ivaí.

Evidenciando sua baixa estabilidade, no município de Jussara (desfavorável) obteve a pior média para TCH. Apesar disso, como calculado pelo parâmetro de adaptabilidade de Eberhart & Russell (1966) e corroborado com o teste de médias (Anexo 1), o genótipo RB975944 é superior ao padrão nos ambientes favoráveis, uma forte indicação para sua recomendação e substituição da cultivar padrão nesses ambientes.

4.9.8 Genótipo 8 – RB975948

O genótipo RB975948 apresentou uma baixa média de TCH (109,53) e uma baixa estabilidade pelo coeficiente de determinação (88,26%).

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 1h) em nenhum momento é esperado que este genótipo supere a padrão. Dado corroborado com o teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), onde em nenhum momento este genótipo esteve sequer entre os superiores.

4.9.9 Genótipo 9 – RB975949

O TCH médio para o genótipo RB975949 ficou em 142,46, muito acima da média experimental e da média do padrão. O coeficiente de determinação ficou em 98,65%, sendo considerado alto e indicando uma alta estabilidade, o que corrobora com o parâmetro de estabilidade calculado pelo método de Eberhart & Russell (1966). O alto valor de R^2 deste genótipo faz com que sua curva de regressão calculada possa explicar

grande parte de seu comportamento. Sendo assim, as tendências demonstradas na curva têm estreita relação com o comportamento real do genótipo.

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 2a) é estimado que em todos os ambientes este genótipo seja superior ao padrão. Sendo que estatisticamente, pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), este genótipo foi superior ao padrão nos ambientes desfavoráveis Bandeirantes e Colorado. Em valores absolutos o genótipo RB975949 superou o padrão em todos os ambientes.

Em relação à variável TCH, este pode ser considerado o genótipo ideal pelo método de Eberhart & Russell (1966), ou seja, tem uma elevada média, adaptabilidade ampla e alta estabilidade.

4.9.10 Genótipo 10 – RB975952

A média da variável TCH do genótipo RB975952 ficou em 130,03, ficando acima da média experimental e do padrão. O R^2 calculado para este genótipo ficou em 92,25%, que pode ser considerado médio.

Na comparação entre as curvas (Figura 2b) há uma coincidência nas estimativas de produção ao longo dos ambientes. Apesar disso, este genótipo superou estatisticamente o padrão nos ambientes desfavoráveis Bandeirantes e Colorado. Em valores absolutos o genótipo RB975952 superou a todos no ambiente favorável São Carlos do Ivaí.

Apesar da adaptabilidade ampla estimada pelo método de Eberhart & Russell (1966), este genótipo mostrou-se superior ao padrão nos ambientes desfavoráveis, indicando ser possível a sua recomendação a estes ambientes.

4.9.11 Genótipo 11 – RB975955

O TCH médio para o genótipo RB975955 ficou em 124,69, ligeiramente acima da média experimental, porém abaixo da média do padrão. O R^2 calculado indica uma alta estabilidade de produção (95,63%), o que corrobora com a estimativa de estabilidade pelo método de Eberhart & Russell (1966), o qual classificou este genótipo como estável.

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 2c) estima-se que em ambientes muito desfavoráveis este genótipo tende a superar o padrão. Essa informação

é comprovada com o teste de médias Scott & Knott (Anexo 1) no ambiente mais desfavorável do experimento (Colorado) em que o genótipo RB975955 foi estatisticamente superior ao padrão.

4.9.12 Genótipo 12 – RB976933

Para o genótipo RB976933, o TCH médio ficou em 123,00, ligeiramente abaixo da média experimental e abaixo da média do padrão. Uma baixa estabilidade também pode ser atestada pelo baixo coeficiente de determinação (83,45%).

Pela comparação das curvas (Figura 2d), evidencia-se uma leve tendência deste genótipo superar o padrão nos ambientes mais desfavoráveis, indicado pela adaptabilidade a ambientes desfavoráveis calculada pelo parâmetro respectivo de Eberhart & Russell (1966). Apesar deste fato, o genótipo não esteve entre os superiores no município de Colorado pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), o mais desfavorável do experimento, não diferindo estatisticamente ao padrão neste.

4.9.13 Genótipo 13 – RB976934

Para o genótipo RB976934 uma baixa estabilidade, já demonstrada pelo parâmetro de estabilidade de Eberhart & Russell (1966), é novamente atestada pelo baixo R^2 (73,51%). O TCH médio deste genótipo também se mostrou baixo, ficando em 115,10.

Pela comparação entre as curvas de regressão (Figura 2e) há uma tendência do genótipo RB976934 superar o padrão nos ambientes desfavoráveis, o que já foi indicado pelo método de Eberhart & Russell (1966). Essa informação foi parcialmente confirmada pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), onde este genótipo foi estatisticamente superior ao padrão no município de Bandeirantes (desfavorável), porém foi inferior nos demais ambientes desfavoráveis.

4.9.14 Genótipo 14 – RB976935

Em relação à média da variável TCH do genótipo RB976935, que ficou em

115,614, este genótipo esteve abaixo da média experimental e do padrão. Assim como é baixa sua estabilidade relacionada ao R^2 que ficou em 81,94%.

Na comparação das curvas de regressão (Figura 2f), em nenhum ambiente o genótipo em questão é esperado que supere o padrão.

4.9.15 Genótipo 15 – RB998048

A média para a variável TCH do genótipo RB998048, ficou em 130,28, estando acima da média experimental e da média do padrão. Um baixo coeficiente de determinação foi calculado, ficando em 87,1%.

Pela comparação das curvas de regressão (Figura 2g), estima-se que nos ambientes desfavoráveis este genótipo supere o padrão, apesar da adaptabilidade ser considerada ampla pelos parâmetros estimados pelo método de Eberhart & Russell (1966). Este genótipo foi estatisticamente superior no municípios de Colorado (desfavorável), Rondon (favorável) e São Carlos do Ivaí (favorável) pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), o que confirma a adaptabilidade ampla.

4.9.16 Genótipo 16 – RB008034

O genótipo RB008034 apresentou um baixo TCH (118,24), e um baixo R^2 (88,90%), ambos ficando abaixo da média experimental e do padrão.

Na comparação entre as curvas de regressão (Figura 2h) este genótipo tem uma performance estimada como inferior em todos os ambientes, em relação ao padrão. Apesar de estar entre os genótipos superiores nos municípios de Bandeirantes (desfavorável) e São Carlos do Ivaí (favorável), está também entre os mais inferiores nos municípios de Rondon (favorável) e São Pedro do Ivaí (desfavorável) pelo teste de médias de Scott & Knott (Anexo 1). Isso confirma a baixa estabilidade ou previsibilidade deste genótipo.

4.10 CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR – EBERHART & RUSSELL – VARIÁVEL TPH

Os gráficos concernentes às curvas de regressão linear para cada genótipo e suas respectivas comparações com o padrão gerados pelo programa GENES pelo método Eberhart & Russell (1966), para a variável TPH, estão nas Figuras 3 e 4.

4.10.1 Genótipo 1 – RB855453 – Padrão

A variedade RB855453 (Figura 3a), amplamente cultivada em todo o estado do Paraná, mostrou-se com adaptabilidade ampla e alta estabilidade além de uma ótima produtividade, obtendo no presente estudo um TPH médio de 16,99.

O coeficiente de determinação (R^2) da variedade padrão RB855453 ficou em 94,19%, o que indica um pequeno desvio em relação à resposta linear, o que corrobora com a alta estabilidade medida por S^2_d do método de Eberhart & Russell (1966).

Em relação ao teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), foi superior no município de Jussara (desfavorável).

4.10.2 Genótipo 2 – RB975932

O TPH médio do genótipo RB975932 ficou em 14,75, estando abaixo da média do experimento. O coeficiente de determinação (R^2) ficou em 74.54%, o que pode ser considerado baixo. Isto significa que os valores observados variam muito em relação aos valores estimados da abscissa Y, indicando uma baixa estabilidade para o genótipo.

Em nenhum dos 6 ambientes, a curva de regressão do genótipo RB975932 esteve acima da curva da variedade padrão (Figura 3b). Isto significa que em nenhum momento é estimado que este genótipo obtenha uma produção maior que o padrão. Apesar deste fato, pelo teste de médias Scott & Knott (Anexo 1), o genótipo RB975932 foi superior ao padrão no município de Colorado, o mais desfavorável do experimento.

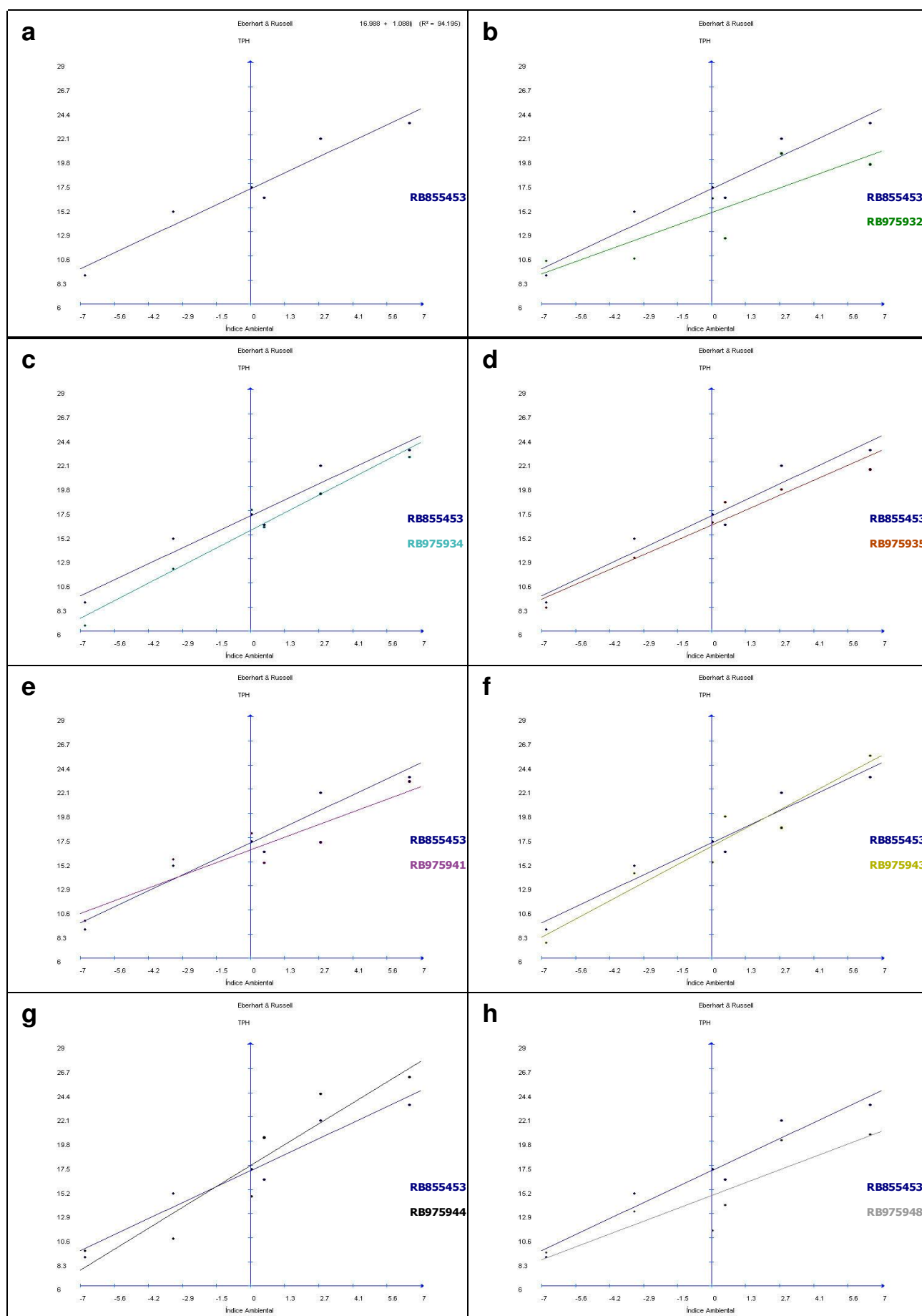


FIGURA 3 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TPH, GENÓTIPOS DE 1 A 8. SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

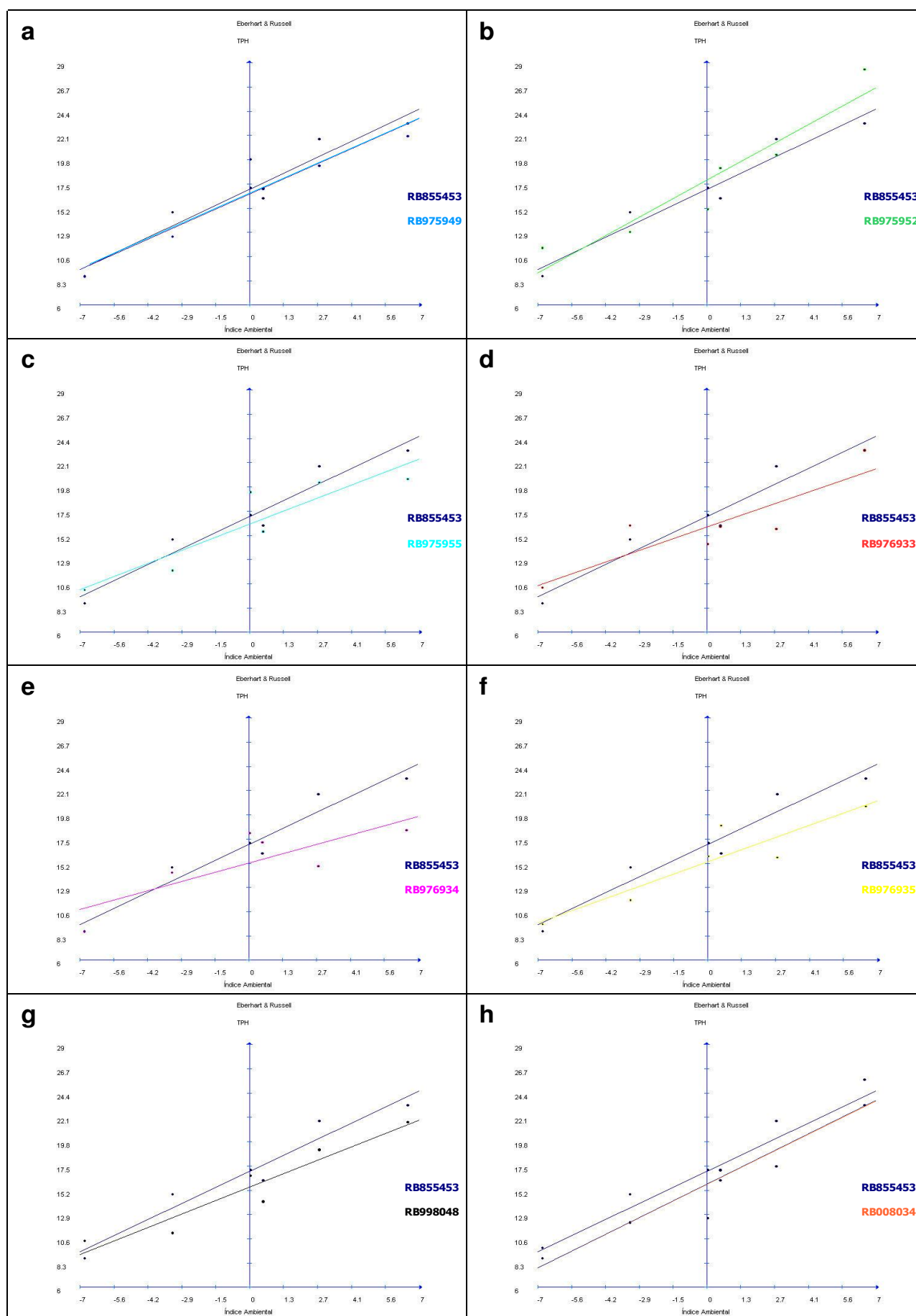


FIGURA 4 – CURVAS DE REGRESSÃO LINEAR EBERHART & RUSSELL (1966), VARIÁVEL TPH, GENÓTIPOS DE 9 A 16. SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

4.10.3 Genótipo 3 – RB975934

O coeficiente de determinação (R^2) calculado para o genótipo RB975934 ficou em 96,61%, o que significa uma estabilidade ou previsibilidade considerada alta. Por esse coeficiente o genótipo RB975934 pode ser considerado mais previsível ou estável que a variedade padrão. Além disso, o alto R^2 mostra que as tendências calculadas das curvas de regressão podem estimar de maneira mais precisa boa parte do comportamento real do genótipo. Desta forma, na comparação das curvas de regressão (Figura 3c), apesar de em nenhum dos ambientes o genótipo RB975934 obter um valor de TPH acima da variedade padrão, existe a tendência de quando as condições de cultivo melhoram muito, o genótipo RB975934 ultrapassar o padrão em termos de produção de POL por hectare.

4.10.4 Genótipo 4 – RB975935

O valor médio da variável TPH no experimento para o genótipo RB975935 ficou em 16,14, levemente acima da média. O coeficiente de determinação pode ser considerado alto ficando em 95,19%.

Observa-se pela Figura 3d que os comportamentos da variedade padrão e do genótipo RB975935 mostraram-se próximos em ambientes desfavoráveis. Mas o genótipo distancia-se negativamente do padrão quando da melhora do ambiente. Em nenhum momento o genótipo RB975935 mostrou-se mais produtivo que o padrão.

4.10.5 Genótipo 5 – RB975941

O genótipo RB975941 apresentou um TPH médio ligeiramente acima da média do experimento, ficando em 16,31. O R^2 ficou em 85,61%, tendo uma previsibilidade ou estabilidade baixa.

A variável TPH para o genótipo RB975941 apresentou uma maior produção nos ambientes desfavoráveis que o padrão (Figura 3e). Portanto, a adaptação a ambientes desfavoráveis detectada para o genótipo RB975941, demonstra-se maior que a do padrão. Isso é confirmado pelo teste de comparação de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo superou o padrão no município de Colorado, o mais desfavorável do experimento, e ficando entre os genótipos superiores no município de

Jussara (desfavorável).

4.10.6 Genótipo 6 – RB975943

O TPH médio para o genótipo RB975943 ficou em: 16,66, estando acima da média do experimento. O coeficiente de determinação ficou num patamar médio (92,67%), e a previsibilidade ou estabilidade do genótipo ficou abaixo do padrão.

Pela comparação entre as curvas de regressão (Figura 3f), a referente ao genótipo RB975943 estima que ao melhorar muito o ambiente este genótipo pode ultrapassar o padrão.

Pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1) o genótipo RB975943 foi superior nos municípios de Bandeirantes (favorável) e Jussara (desfavorável), o que corrobora parcialmente com as estimativas de adaptabilidade feita pelo método de Eberhart & Russell (1966).

4.10.7 Genótipo 7 – RB975944

O TPH médio para o genótipo RB975944 esteve bem acima da média (17,47), porém com um R^2 baixo (88,27%).

Pela comparação entre as duas curvas de regressão linear (Figura 3g), evidencia-se a alta adaptação a ambientes favoráveis do genótipo RB975944. A variável TPH para o genótipo mencionado mostrou-se superior ao padrão nos ambientes favoráveis. Mesmo com uma baixa estabilidade de produção, o genótipo RB975944 demonstra claramente superar o padrão nos ambientes favoráveis. O que é confirmado pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo foi superior nos municípios favoráveis de Bandeirantes e Rondon, superando inclusive o padrão. Já no município desfavorável de Jussara, ficou entre os piores resultados. O que corrobora com a baixa estabilidade calculada pelo parâmetro de Eberhart & Russell (1966), bem como pelo baixo coeficiente de determinação.

O genótipo RB975944 aproxima-se do ideal segundo o método de Eberhart & Russell (1966) em termos de produção de massa. Já em termos de produção de POL, apesar de sua média elevada, sua estabilidade não é alta, nem sua adaptabilidade é ampla.

4.10.8 Genótipo 8 – RB975948

O genótipo RB975948 apresentou TPH médio bem abaixo da média do experimento (14,60), e um R^2 dos mais baixos (78,31%), já dando a indicação de não ser um genótipo promissor.

Pela comparação (Figura 3h) evidencia-se que em nenhum ambiente é esperado que o genótipo RB975948 supere o padrão. No teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), não foi destaque em nenhum dos ambientes analisados.

4.10.9 Genótipo 9 – RB975949

O TPH médio do genótipo RB975949 ficou em 16,55, acima da média experimental, indicando este ser um genótipo de bom comportamento médio. Porém a estabilidade ou previsibilidade ligada ao R^2 não foi alta, ficando em 89,34%.

Na comparação das curvas de regressão linear (Figura 4a) temos um comportamento similar entre o genótipo RB975949 e o padrão, não sendo esperado que este genótipo supere o padrão em nenhum ambiente. De maneira pontual, no município de São Pedro do Ivaí (favorável), foi destaque pelo teste de comparação de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), porém nos outros ambientes não obteve resultados satisfatórios.

4.10.10 Genótipo 10 – RB975952

O TPH médio do genótipo RB975952 foi o maior do experimento, ficando em 17,86. Apesar de um coeficiente de determinação médio (89,34%), que indica uma baixa previsibilidade de comportamento, a adaptabilidade a ambientes favoráveis ficou evidente.

Na comparação entre as curvas de regressão linear (Figura 4b) evidencia-se o comportamento superior do genótipo RB975952 nos ambientes favoráveis em relação ao padrão.

Pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1) o genótipo RB975952 foi superior ao padrão nos municípios de Bandeirantes (favorável), Colorado (desfavorável) e São Carlos do Ivaí (favorável). O que corrobora com os outros dados referentes à adaptabilidade.

Em relação à variável TPH este foi o genótipo que mais se aproximou do ideal

segundo Eberhart & Russell (1966), obtendo a média mais elevada, porém, com uma baixa estabilidade e adaptabilidade à ambientes favoráveis.

4.10.11 Genótipo 11 – RB975955

O TPH médio calculado para o genótipo RB975955 ficou ligeiramente acima da média (16,25), e com um coeficiente de determinação baixo (83,22%).

Na comparação das curvas (Figura 4c) o genótipo RB975955, teve um comportamento produtivo ligeiramente acima do padrão para ambientes muito desfavoráveis, o que foi atestado pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo superou o padrão no ambiente mais desfavorável (Colorado).

4.10.12 Genótipo 12 – RB976933

O TPH médio do genótipo RB976933 ficou ligeiramente abaixo da média do experimento, em 15,98, e o coeficiente de determinação ficou em 76,57%, considerado baixo. Ou seja, a previsibilidade e estabilidade de comportamento produtivo do genótipo mencionado é baixa.

Pela comparação entre as curvas (Figura 4d) evidencia-se que o genótipo RB976833 mostrou-se mais produtivo que o padrão nos ambientes desfavoráveis. O que foi confirmado pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo foi superior estatisticamente nos ambientes desfavoráveis de Colorado e Jussara.

4.10.13 Genótipo 13 – RB976934

A média de TPH para o genótipo RB976934 ficou em 15,25, abaixo da média do experimento, e o coeficiente de determinação foi muito baixo (65,78%), o que significa um comportamento muito imprevisível.

Apesar do baixo R^2 o genótipo RB976934 mostrou uma tendência de se manter mais estável nos ambientes muito desfavoráveis quando comparado com o padrão (Figura 4e). Este dado foi parcialmente confirmado pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo foi superior no município de Jussara (desfavorável),

porém não foi superior no município de Colorado (desfavorável).

4.10.14 Genótipo 14 – RB976935

O TPH médio do genótipo RB976935 ficou em 15,35, abaixo da média experimental. O coeficiente de determinação calculado (83,85%) é considerado baixo, o que indica uma baixa previsibilidade e estabilidade de comportamento do genótipo.

Na comparação entre as curvas de regressão linear (Figura 4f) evidencia-se o fato da baixa produtividade média do genótipo RB976935 em relação ao padrão. Fato que fica mais evidente ainda pela comparação de médias, feita pela teste Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde este genótipo esteve entre os inferiores na maior parte dos ambientes.

4.10.15 Genótipo 15 – RB998048

O genótipo RB998048 apresentou um TPH logo abaixo da média do experimento, ficando em 15,498, e um coeficiente de determinação médio alto (91,01%). Pela comparação das curvas (Figura 4g) observa-se que em nenhum momento é esperado que o comportamento produtivo do genótipo RB998048 supere o padrão. Apesar de que pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), este genótipo tenha se destacado no município desfavorável de Colorado, em todos os demais ambientes este genótipo não obteve resultados satisfatórios.

4.10.16 Genótipo 16 – RB008034

O TPH médio calculado para o genótipo RB008034 ficou ligeiramente abaixo da média do experimento, em 15,78. O coeficiente de determinação ficou em 85,95%, considerado baixo. Pela comparação das curvas (Figura 4h) observa-se que em nenhum momento é esperado que o comportamento produtivo do genótipo RB008034 supere o padrão. Fato corroborado pelo teste de médias Scott & Knott a 5% (Anexo 1), onde em nenhum ambiente este genótipo obteve destaque.

4.11 GRÁFICOS BILOT – ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE X RENDIMENTO

De maneira a auxiliar a interpretação e facilitar a visualização dos resultados dos métodos de análise da estabilidade e adaptabilidade baseados em regressão linear, Francis & Kannenberg (1978) propuseram um método descritivo o qual se contrapõe em um gráfico (biplot) o componente médio de produção com o seu coeficiente de variação. O componente médio de produção é um bom indicativo do rendimento potencial geral do genótipo e o coeficiente de variação está diretamente relacionado à estabilidade de produção do genótipo. O gráfico então é dividido pela média experimental do coeficiente de variação e pela média experimental do componente de produção formando quatro quadrantes, os quais são classificados nos seguintes grupos: Grupo A, alto rendimento e pouca variação; Grupo B, alto rendimento e alta variação; Grupo C, baixo rendimento e pouca variação; e Grupo D, baixo rendimento e alta variação. O genótipo ideal, considerado estável e produtivo, estaria no Grupo A. Os autores Rea & De Souza-Vieira (2001; 2002) relatam que o método do coeficiente de variação pode ser usado de forma adicional ao método de regressão linear no processo de melhoramento, seleção e recomendação de variedades. Rea & Souza-Vieira (2002) também relatam que há uma correlação significativa entre o coeficiente de variação e o coeficiente de determinação. Neste mesmo sentido, Borém (1998) afirma que muitos autores utilizam o coeficiente de determinação como medida da estabilidade fenotípica de um genótipo. Desta maneira, estatisticamente é aceitável a substituição do coeficiente de variação pelo coeficiente de determinação na avaliação da estabilidade de um genótipo.

No presente trabalho, optou-se por uma modificação do método descritivo de Francis & Kannenberg (1978), substituindo o coeficiente de variação pelo coeficiente de determinação (R^2) para contraposição com o componente médio de produção (TCH e TPH). Desta forma, ao invés de dividir o gráfico pela média do coeficiente de variação, dividiu-se o gráfico em relação ao R^2 entre acima e abaixo de 90%, ou seja, abaixo de 90 é considerável instável, e acima de 90% considera-se o genótipo como estável. Em relação ao componente de produção manteve-se a metodologia de Francis e Kannenberg (1978), dividiu-se o componente por sua média experimental geral (123). A classificação dos genótipos continua sendo feita pelos grupos: Grupo A, no canto superior direito, indicando alta produção e estabilidade; Grupo B, no canto inferior direito, indicando alta produção e baixa estabilidade; Grupo C, no canto superior esquerdo, indicando alta estabilidade e baixa produção; e Grupo D, no canto inferior esquerdo, indicando baixa produção e estabilidade.

4.11.1 Biplot – Coeficiente de determinação x TCH

Na figura 5 temos o gráfico biplot onde se contrapõe o componente de produção TCH e R^2 . Observa-se pela figura que metade (8) dos genótipos teve um comportamento considerado estável pela metodologia ($R^2 > 90\%$) para o componente de produção TCH. Observa-se também que foram classificados no Grupo A os genótipos: RB975949, RB975955, RB976934, RB975952, RB855453 e RB975944. Em relação a esse grupo o destaque é do genótipo RB975949 que distanciou-se consideravelmente dos demais do mesmo grupo nos dois sentidos: maior produção de massa e maior estabilidade fenotípica.

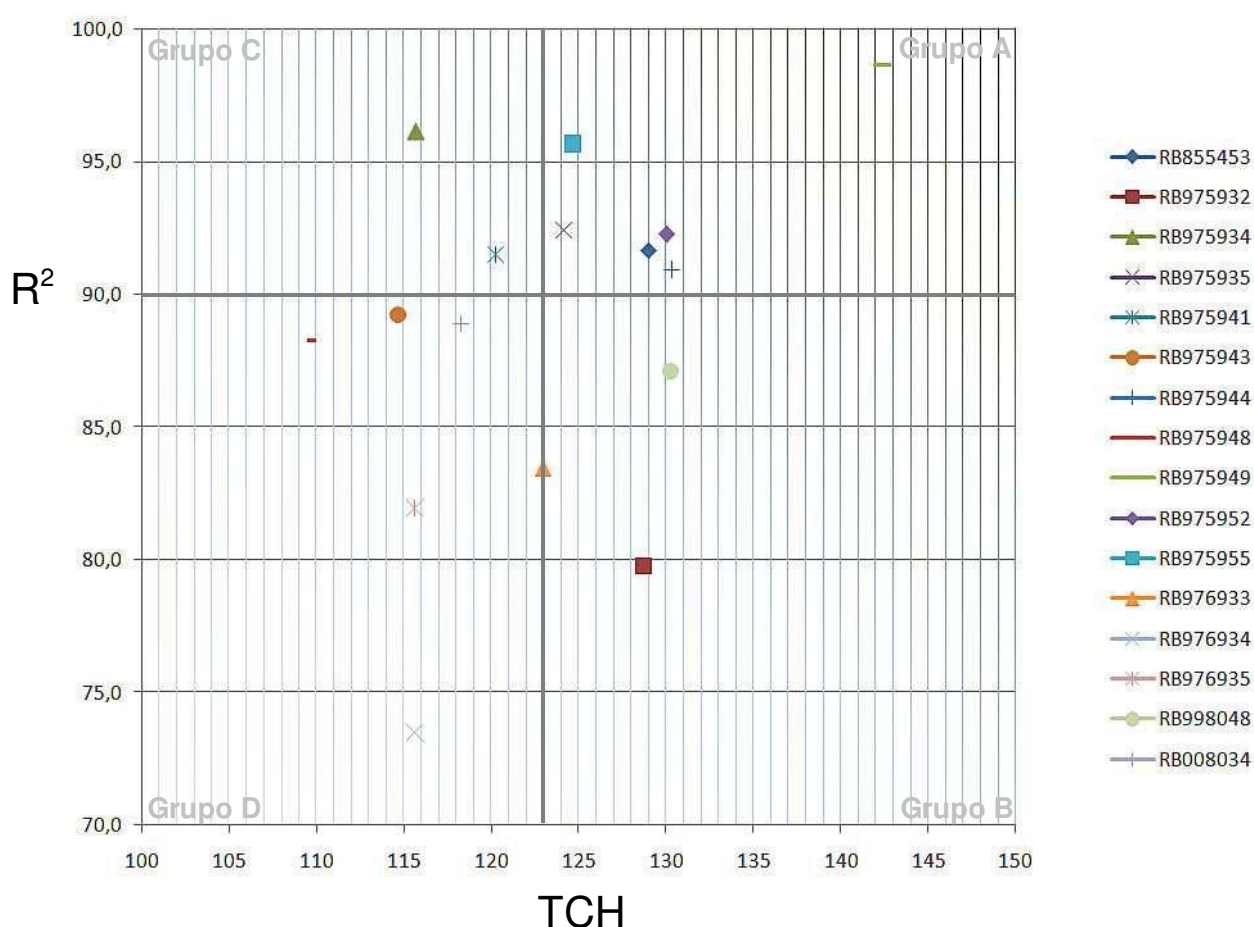


FIGURA 5 – GRÁFICO BIPLLOT. TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH) X COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) POR EBERHART & RUSSELL (1966). SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

Como o gráfico biplot configura um gradiente e a divisão entre os quatro grupos não significa que todos os pontos dentro de um mesmo grupo tenham um comportamento homogêneo. A posição de cada ponto e sua distância relativa demonstra desempenhos superiores ou inferiores em ambos os sentidos.

Os genótipos RB975952 e RB975944 mostraram um comportamento muito parecido com o padrão tanto em estabilidade quanto em produtividade. Já os genótipos RB975955 e RB975934, apesar de uma produtividade abaixo do padrão, tiveram uma estabilidade fenotípica muito alta ($R^2 > 95\%$). Já no sentido de menor estabilidade e produtividade de massa, o destaque foi para o genótipo RB976934, que se distanciou do restante do grupo de maneira negativa, mostrando-se muito pouco promissor.

4.11.2 Biplot – Coeficiente de determinação x TPH

O gráfico biplot contrapondo R^2 com o componente de produção TPH está na figura 6. Observa-se que em relação à classificação quanto à estabilidade da produção de POL, apenas cinco genótipos foram considerados estáveis pela metodologia. Isso indica que a produção de açúcares interage mais com o ambiente do que a produção de massa.

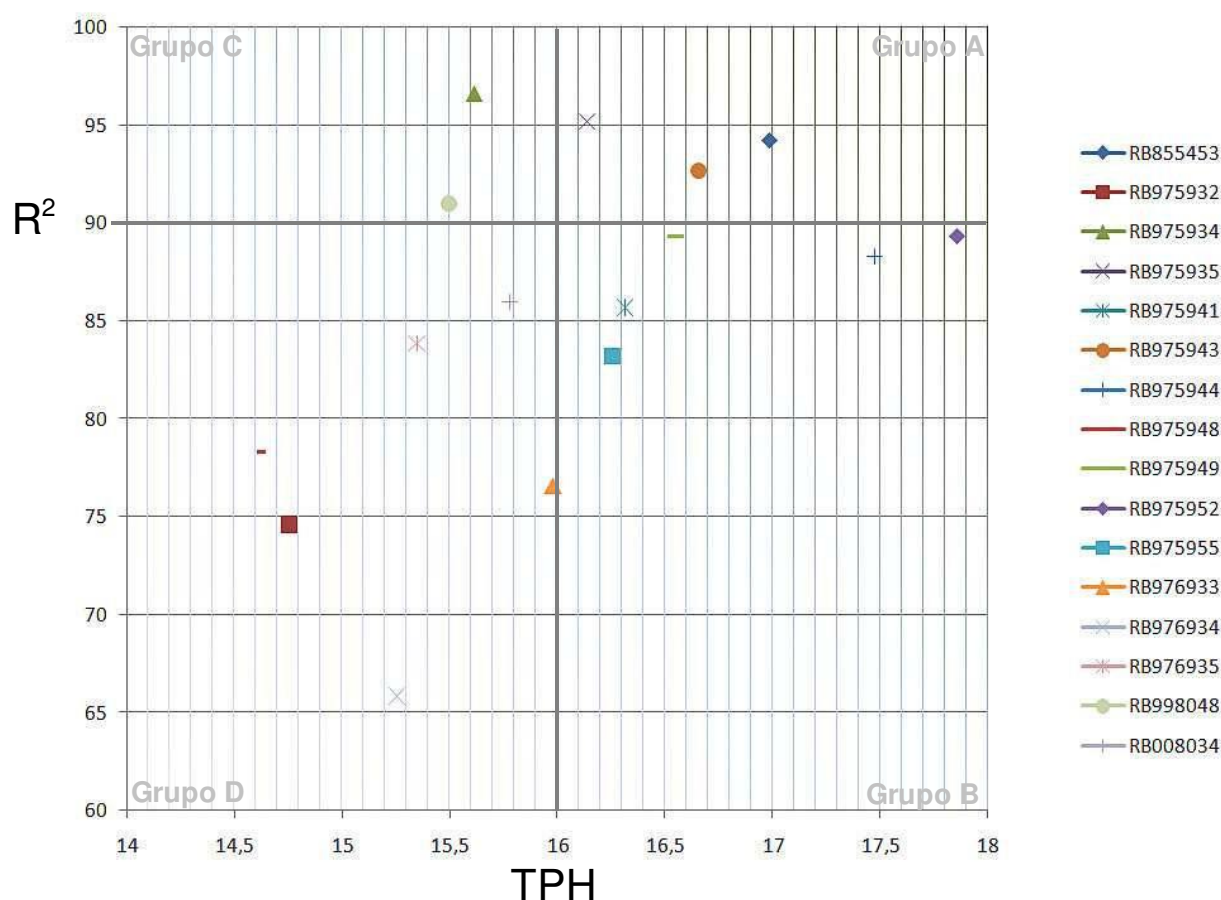


FIGURA 6 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE POL POR HECTARE (TPH) X COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2) POR EBERHART & RUSSELL (1966). SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

Também é possível perceber que pela comparação das figuras 5 e 6 que os genótipos mais produtivos em termos de massa não são os mais produtivos em termos de açúcares.

Em relação à classificação, no Grupo A aparecem os genótipos: RB975935, RB975943 e, superior a esses em ambos os sentidos, o padrão. Apesar de aparecerem no Grupo B, os genótipos RB975944 e RB975952 destacaram-se em relação à produção de POL e seus R^2 estiveram muito próximos de 90%. O genótipo RB975934 destacou-se em relação à estabilidade da produção de POL ($R^2 > 95\%$). Destacando-se de maneira negativa, novamente o genótipo RB976934 aparece com baixa produtividade e baixa estabilidade.

4.11.3 Biplot – Parâmetro de adaptabilidade x TCH

Outra modificação da metodologia de Francis & Kannenberg (1978) foi feita no presente trabalho, substituindo o coeficiente de variação pelo parâmetro de adaptabilidade (B1) calculado pelo método de Eberhart & Russell (1966). Desta forma, tem-se outra classificação nos seguintes grupos: Grupo A, alta produção e adaptação a ambientes favoráveis; Grupo B, alta produção e adaptação a ambientes desfavoráveis; Grupo C, baixa produção e adaptação a ambientes favoráveis; e Grupo D, baixa produção e adaptação a ambientes desfavoráveis. Outra maneira de se interpretar a posição do genótipo em relação ao parâmetro de adaptabilidade é em relação à sua responsividade à melhoria das condições ambientais de cultivo, ou seja, quanto maior o B1, mais responsivo é o genótipo. Há também outra possível classificação, além de adaptado a ambientes favoráveis ou desfavoráveis, que é a adaptação ampla, ou seja, B1 igual ou muito próximo à unidade.

O biplot contrapondo B1 e TCH está na figura 7. Observa-se que foram classificados no Grupo A os seguintes genótipos: RB975944, RB975935, RB975955, RB975952 e o padrão. Destes, os destaques são dos genótipos RB975944, com uma alta adaptabilidade ou responsividade a ambientes favoráveis e uma produção de massa similar ao padrão, e o genótipo RB975949, que destacou-se principalmente pela elevada média de TCH.

Pela observação da figura 7 é possível perceber que os genótipos mais adaptados aos ambientes desfavoráveis foram os que tiveram as médias TCH mais baixas, como era o esperado, ficando a maioria no Grupo D. No Grupo B, onde são classificados os

genótipos mais adaptados a ambientes desfavoráveis e com a produção acima da média experimental, estão os genótipos RB998048, RB975932 e RB975955.

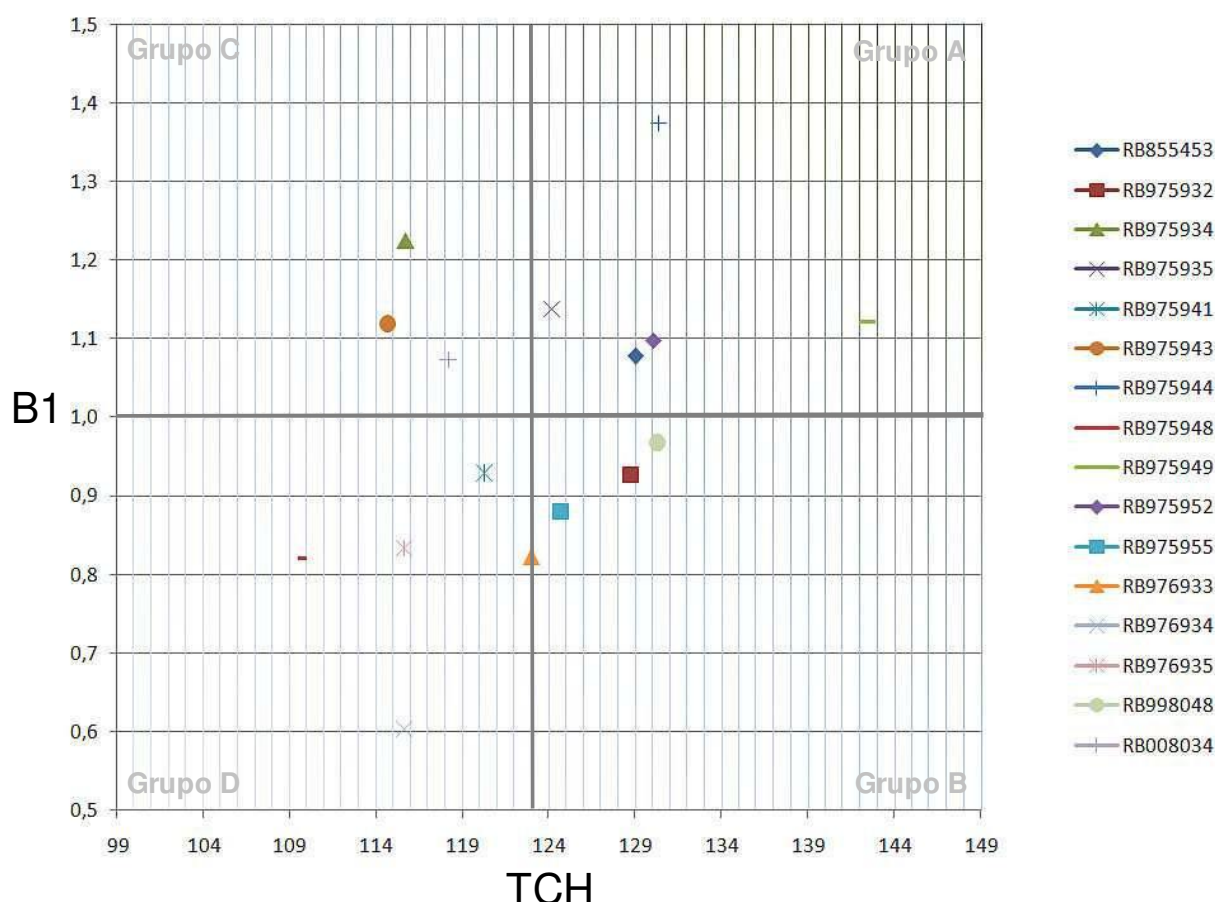


FIGURA 7 – GRÁFICO BILOT. TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH) X PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B1) EBERHART & RUSSELL (1966). SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

4.11.4 Biplot – Parâmetro de adaptabilidade x TPH

Na figura 8 temos o biplot para B1 x TPH, onde se observa que também não há uma coincidência necessária entre a adaptação da produção de massa e produção de açúcar. Neste gráfico, caíram no Grupo A os genótipos: RB975952, RB975944, RB975935, o padrão e RB975949. Destes, apenas RB975952 e RB975944 superaram o padrão em produtividade e responsividade, mostrando-se muito ricos em termos de açúcares.

Os genótipos mais adaptados a ambientes desfavoráveis e que obtiveram médias produtivas acima da média experimental (Grupo B) foram: RB975955, RB975941 e

RB975943.

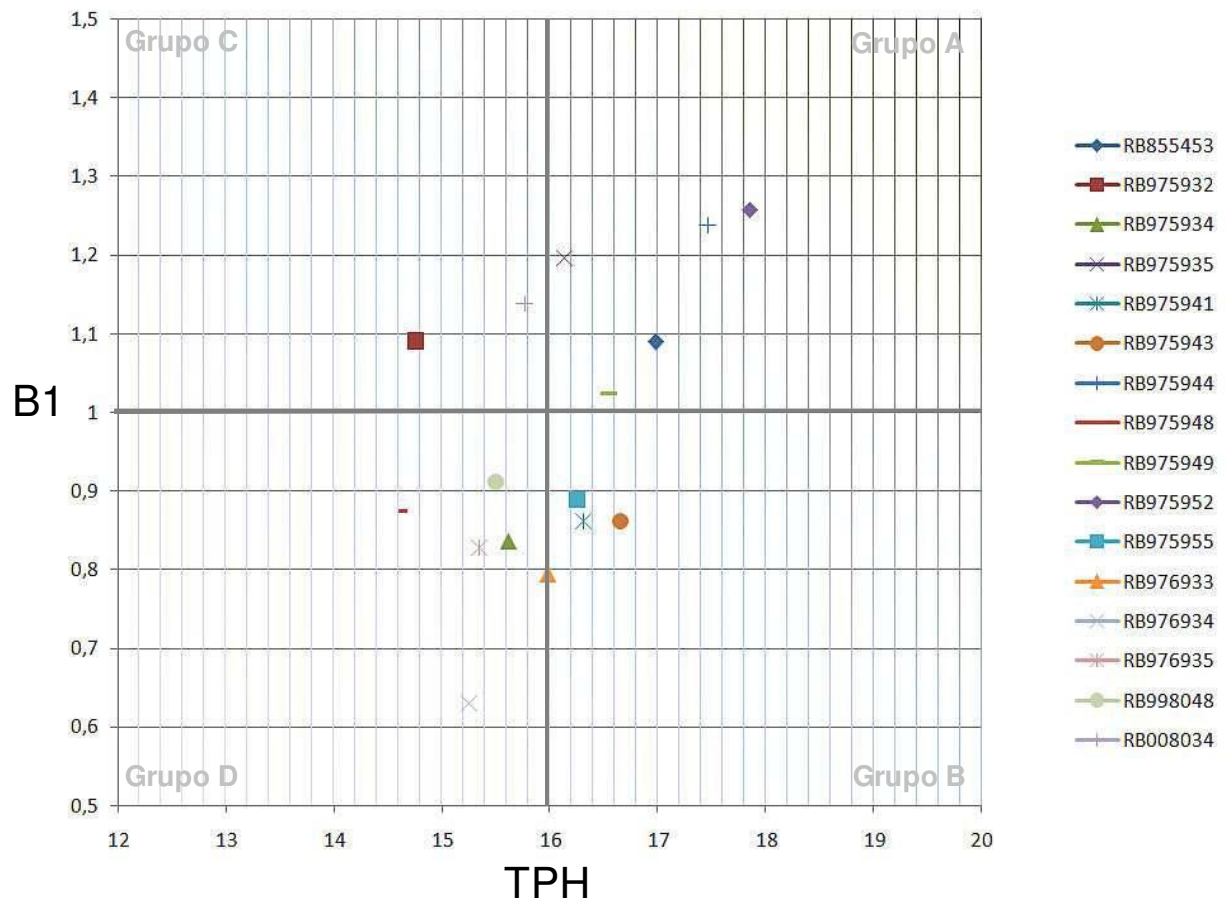


FIGURA 8 – GRÁFICO BIPLLOT. TONELADAS DE POL POR HECTARE (TPH) X PARÂMETRO DE ADAPTABILIDADE (B1) EBERHART & RUSSELL (1966). SÉRIE RB97 PRECOCE. PARANÁ. 2009.

5. CONCLUSÕES

- 1) Em relação à variável TCH o clone RB975944 é indicado para ambientes favoráveis, por apresentar alta adaptabilidade a estes ambientes, e também elevada produtividade;
- 2) O clone RB975949 pode ser considerado como o genótipo ideal, por apresentar elevada média e estabilidade, bem como adaptabilidade ampla, em relação à variável TCH;
- 3) Os clones RB975955 e RB998048 apresentaram adaptabilidade ampla e elevada média para a variável TCH, superando o padrão;
- 4) Em Relação à variável TPH, os clones RB975944 e RB975952 são indicados para ambientes favoráveis, por apresentarem alta adaptabilidade a estes ambientes, e também superarem nestes, a variedade padrão;
- 5) O clone RB975943 é indicada para ambientes desfavoráveis, pois apresentou alta adaptabilidade a estes ambientes, bem como produção superior ao padrão nestes ambientes;

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 1) Este é um estudo preliminar de estabilidade e adaptabilidade feito a partir de dados do primeiro corte, ou de cana-planta. Para resultados mais conclusivos deve-se levar em conta os dados obtidos do segundo e do terceiro corte, cana-soca e cana-ressoca respectivamente;
- 2) É recomendada também a análise por outros métodos, paramétricos e não-paramétricos, para comparar os resultados, e assim aumentar a acurácia das conclusões.

5. REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**. v. 4. p. 503 – 508, 1964.
- AYARZA, J. A. C. **Alternativa para aumentar a produção mundial do etanol anidro combustível no curto prazo: o potencial dos méis de cana**. Dissertação de Mestrado. UNICAMP. Campinas – SP. 2007.
- BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Melhoramento genético e recomendação de cultivares. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (eds.) **Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool – Tecnologias e perspectivas**. Viçosa, 577 p. 2010.
- BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa – MG. Editora UFV. 453p. 1998.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa – MG. Editora UFV, 969p. 2005.
- CESNIK, R.; e MIOCQUE J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF. 307p. 2004.
- CONAB – **COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Acessado em 27/07/2009 ÀS 13 h <www.conab.gov.br>. 2009.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v 2. Viçosa, UFV. 585p. 2003.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES** – Biometria. Viçosa - MG. Editora UFV, 382P. 2006.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES** – versão Windows. versão 2009.0.0. Editora UFV. Viçosa – MG. 642p. 2001
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira Genética**, v. 12. p. 567-580. 1989.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª Edição. Viçosa – MG. Editora UFV, 460p. 2004.
- DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina – PR: Ed. UEL, 1999.
- DAROS, E. e ZAMBON, J. L. C. Avaliação de Genótipos de Cana-de-açúcar em Dois Cortes – Séries RB84 e RB85. Curitiba, UFPR, 147p. **Relatório Técnico nº2**. 1998.
- EBERHART, S. A.; e RUSSELL, W. A. **Stability parameters for comparing varieties**. **Crop Science**., Madison, v.6, p. 36 – 40. 1966.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisas Florestais**. Acessado em 27/10/2009 às 12 h <www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. 2009.

FERNANDES, A. J. **Manual da cana-de-açúcar**. Piracicaba – SP. Ed. Livrocere, 1984.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14. p.742 – 754. 1963.

FRANCIS, T. R.; KANNENBERG, L. W. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.58, p.1029-1034, 1978.

FREITAS, E. G.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; DOS SANTOS, E. G. D.; DOS SANTOS, J. M.; BARBIN, D. Qualidade Experimental: Uma proposta para classificação do coeficiente de variação em experimento com cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Alcool e Suprodutos**. Piracicaba – SP, v. 27, n.6, p. 27 – 29. 2009.

HERNANDES, C. M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: na index for selection desirable genotypes. **Theor. Appl. Genet.**, Berlin, v. 87, n. 4. p. 409 – 415, 1993.

LAVORENTI, N. A.; MATSUOKA, S. Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. **Revista Agropecuária Brasileira**. Brasília – DF, v.36, n.4, abr. 2001.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**. Ottaqa, v. 68, n. 3. p. 193 – 198. 1988.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azucar. I. Interacciones dentro de uma localidad experimental. **Ver. Agron. N. O. Argent.**, Argentina, v. 13, n. 1 – 4, p. 405 – 412, 1976.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento de cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa : Editora da UFV, v.1, p.205 – 251. 2005.

MONTALVÁN, R.; MONTAÑO-VELASCO, J. C. Interação Genótipo x Ambiente: aspectos básicos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina – PR. Ed. UEL, p. 131 – 140. 1999.

OLIVEIRA, F. C. R.; Ocupação, emprego e remuneração na cana-de-açúcar e em outras atividades agropecuárias no Brasil, de 1992 a 2007. **Dissertação de Mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.

OLIVEIRA, R. A.; Seleção de famílias de maturação precoce em cana-de-açúcar via REML/BLUP. **Tese de Doutorado**. UFPR, 2007.

PELÚZIO, J. M *et al.* Comportamento de cultivares de soja no sul do estado do Tocantins. **Biosci. J.** Uberlândia – MG, v. 21, n. 3, p. 113 – 117, 2005.

PIANA, C. F. B.; ANTUNES, I. F.; SILVA, J. G. C.; SILVEIRA, E. P. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.4, p.553-564, abr. 1999.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo – SP. Nobel, 467p. 1985.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Exposição com exemplos e orientações para o uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 309p. 2002.

PMGCA/UFPR/RIDESA. **Relatório técnico PMGCA/UFPR/RIDESA**. Curitiba – PR. UFPR, 56p. 2008.

PMGCA/UFPR/RIDESA. **Relatório técnico PMGCA/UFPR/RIDESA**. Curitiba – PR. UFPR, 88p. 2009.

RAIZER, A. J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.12, p.2241-2246, 1999.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. 2ª ed. São Paulo – SP. Globo. 1990.

REA, R.; SOUZA-VIEIRA, O. Interaccion genotipo x ambiente y analisis de estabilidad em ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. **Caña de Azúcar**. Yacucy, v.19 n.(único), p.3-15, 2001.

REA, R.; SOUZA-VIEIRA, O. Genotype x Environment interactions in sugarcane yield trials in the central-western region of Venezuela. **Interciencia**. v. 27, n.11. p.620-624. Novembro, 2002.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. FERREIRA, D. F. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília – DF, v.37, n.1, p. 25 – 32. 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. trad. SANTARÉM, E. R. et al., **Fisiologia vegetal**. 3.ed., Porto Alegre : Editora Artmed,. 719p. 2004.

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays: a non-linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, Abingdon, v. 25, n. 1, p. 131-143, 1998.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 496p. 1992.

VENDRUSCOLO, E. C. G. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VERMA, M. M.; CHACAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theor. Appl. Genet.**, Berlin, v.53, n. 2. p. 89 – 91. 1978.

ZENI, H. N.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A.; WEBER, H. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de clones precoces de cana-de-

açúcar no Estado do Paraná. **Scientia Agraria**. Curitiba – PR. v.9, n.3, p.283-289. 2008.

ZENI, H. N. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de clones RB (República Brasil) precoces de cana-de-açúcar no estado do Paraná. **Dissertação de Mestrado**. UFPR. Curitiba. 2007.

ANEXO 1 – TESTE DE MÉDIAS SCOTT & KNOTT A 5% DE PROBABILIDADE DE TODOS OS GENÓTIPOS EM CADA AMBIENTE PARA AS DUAS VARIÁVEIS (TPH E TCH). PARANÁ. 2009.

GENÓTIPO	Bandeirantes		Colorado		Jussara	
	TCH	TPH	TCH	TPH	TCH	TPH
RB855453	109,88c*	16,16c	77,53b	8,74b	120,88a	14,83a
RB975932	106,56c	12,28e	91,09a	10,14a	110,73a	10,34c
RB975934	109,07c	15,92c	51,40d	6,56c	95,37a	11,95b
RB975935	128,83a	18,30a	61,14c	8,24b	105,11a	12,99b
RB975941	102,36c	15,08c	76,04b	9,57a	115,55a	15,44a
RB975943	125,95a	19,51a	52,94d	7,49c	100,95a	14,10a
RB975944	136,35a	20,15a	71,96b	9,37a	89,86a	10,54c
RB975948	104,36c	13,72d	75,83b	9,20a	94,35a	13,10b
RB975949	134,29a	17,06b	89,63a	8,68b	124,79a	12,48b
RB975952	128,63a	19,03a	88,20a	11,42a	96,38a	12,96b
RB975955	117,87b	15,57c	85,30a	10,01a	104,01a	11,87b
RB976933	116,85b	16,04c	81,10b	10,25a	121,24a	16,15a
RB976934	127,95a	17,17b	72,91b	8,70b	113,04a	14,32a
RB976935	134,15a	18,80a	66,19c	9,44a	99,48a	11,70b
RB998048	118,90b	14,13d	98,01a	10,42a	105,84a	11,15c
RB008034	124,00a	17,10b	75,91b	9,75a	95,67a	12,14b

GENÓTIPO	Rondon		São Carlos do Ivaí		São Pedro do Ivaí	
	TCH	TPH	TCH	TPH	TCH	TPH
RB855453	168,06a	21,7733b	172,30a	23,27c	125,58a	17,15c
RB975932	176,48a	20,3637c	160,44b	19,31e	127,20a	16,09c
RB975934	145,71b	19,0880c	163,95a	22,57c	128,90a	17,59b
RB975935	139,26b	19,5213c	173,41a	21,41c	137,30a	16,37c
RB975941	158,99a	19,5257c	166,53a	22,85c	121,16a	17,90b
RB975943	149,51b	22,8920b	169,35a	25,28b	116,40a	15,14d
RB975944	187,25a	24,7760a	181,19a	25,91b	119,05a	14,56d
RB975948	145,54b	19,8863c	141,59b	20,44d	95,52b	11,28e
RB975949	172,87a	18,7537c	188,81a	22,02c	139,87a	19,83a
RB975952	147,89b	20,2707c	189,07a	28,38a	130,03a	15,08d
RB975955	156,26a	20,2063c	158,31b	20,57d	126,34a	19,32a
RB976933	135,97b	17,3753d	171,56a	23,28c	122,67a	14,36d
RB976934	119,19c	14,9223e	137,96b	18,33e	122,58a	18,09b
RB976935	122,27c	15,7403e	150,70b	20,59d	120,90a	15,85c
RB998048	171,79a	19,4377c	175,43a	21,67c	115,01a	16,57c
RB008034	134,05b	17,4553d	179,43a	25,67b	100,38b	12,55e

*valores seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente.

ANEXO 2 – QUADRADOS MÉDIOS RESIDUAIS (QMR) E QUADRADOS MÉDIOS DOS BLOCOS (QMB)
DA ANÁLISE CONJUNTA PARA TCH E TPH, UTILIZADOS NA ANÁLISE DE ESTABILIDADE
E ADAPTABILIDADE POR EBERHART & RUSSELL (1966). PARANÁ. 2009.

AMBIENTE	TCH		TPH	
	QMR	QMB	QMR	AMB
Bandeirantes	32,33	29,30	0,61	0,26
Colorado	40,90	119,97	0,95	2,07
Jussara	195,20	208,90	3,99	4,08
Rondon	159,84	126,80	4,98	1,04
São Carlos do Ivaí	173,32	3922,57	4,75	81,57
São Pedro do Ivaí	105,76	49,06	1,86	0,73